

Omar Daniel Medina

# AGROECOLOGÍA

Bases científicas y prácticas para su aplicación  
a escala en el Norte argentino



# **AGROECOLOGÍA**

**Bases científicas y prácticas para su aplicación  
a escala en el Norte argentino**

# **AGROECOLOGÍA**

**Bases científicas y prácticas para su aplicación  
a escala en el Norte argentino**

Omar Daniel Medina

Universidad Nacional de Jujuy  
2022

Prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta publicación por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso expreso del Editor.

Medina, Omar Daniel

Agroecología : bases científicas y prácticas para su aplicación a escala en el Norte Argentino / Omar Daniel Medina. - 1a ed. - San Salvador de Jujuy : Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy - EDIUNJU, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-721-601-5

1. Agronomía. I. Título.

CDD 577.55



Colección: *Libros de Cátedra*

Corrección: Celia Navarro

Diseño de Colección: Matías Teruel

© 2022 Omar Daniel Medina

© 2022 Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy

Avda. Bolivia 1685 - CP 4600

San Salvador de Jujuy - Pcia. de Jujuy - Argentina

<http://www.editorial.unju.edu.ar>

Tel. (0388) 4221511- e-mail: [ediunju@unju.edu.ar](mailto:ediunju@unju.edu.ar)

2022 1ra. Edición

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

---

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	9
PRÓLOGO (Mg. Mario César Bonillo)	13
PREFACIO	15
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO 1 - Agroecología	27
CAPÍTULO 2 - Maximización de la Fotosíntesis	33
CAPÍTULO 3 - Nutrición orgánica de las plantas	39
CAPÍTULO 4 - Ciclo del gas etileno en el suelo	49
CAPÍTULO 5 - Materia Orgánica - Carbono Orgánico del Suelo - Glomalina	57
CAPÍTULO 6 - Transmutación biológica de los elementos y Ciclos Biogeoquímicos	67
CAPÍTULO 7 - Trofobiosis	77
CAPÍTULO 8 - Relación Humano - Suelo - Planta - Animal	107
CAPÍTULO 9 - Biocenosis del suelo	143
CAPÍTULO 10 - Estímulo de la Biodiversidad	179
CAPÍTULO 11 - Leyes Universales del Pastoreo	205
CAPÍTULO 12 - El Ingeniero Agrónomo y el agua (Coautor: Ing. Agr. Fabio David Alabar)	225
CAPÍTULO 13 - Aplicación de los Pilares: técnicas limpias de cultivo	251
CAPÍTULO 14 - Limitantes para la Producción agroecológica en Jujuy (Coautor: Ing. Agr. Sebastián Agostini)	297
CAPÍTULO 15 - Grupo TIERE: ejemplo agroecológico de cultivos extensivos	307
CAPÍTULO 16 - Cultivos Intensivos: ejemplos de Sistemas de Producción Agroecológicos	321

CAPÍTULO 17 - Certificación orgánica y Bioinsumos	341
CAPÍTULO 18 - Agroecología y Docencia: un breve relato de experiencia (Autor: Ing. Agr. David Ezequiel Medina)	357
CONSIDERACIONES FINALES	365
APÉNDICES	379
APÉNDICE A: El Testamento Médico	381
APÉNDICE B: Entrevista a Roger Rabes (Francia, 2018)	397
Bibliografía	413

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, la familia, los amigos y la salud.

A mi esposa, papá, mamá, hermanos, tía y toda mi familia, por su apoyo y cariño.

A todos los profesionales y productores que aceptaron la invitación para colaborar en este libro. Sin su valiosísima participación este texto hubiera carecido de valor:

Dr. en Agronomía Luiz Carlos Pinheiro Machado (1928-2020, Brasil), por su generosa voluntad para corregir, sugerir, guiar y aportar bibliografía para la primera parte de este libro. Por estar siempre dispuesto a ayudar.

PhD Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho (Laboratorio de Etología Aplicada, Universidade Federal de Santa Catarina-Brasil), por continuar encarecidamente la labor que su padre inició, concluyendo la revisión del texto con excelentes aportes.

Los productores Omar Coré, Noemí Echarri (Amenábar, Santa Fe, Argentina) y Roger Raves (Saint Georges de Montaigu, Francia), por recibirme generosa y amigablemente como pasante en sus respectivos proyectos de ganadería agroecológica (Pastoreo Racional Voisin - PRV).

Ingeniero Agrónomo José Luis Fortunato (integrante de *Grupo TIERE* – Investigación y desarrollo para la Agroecología), por aportar valiosa información práctica, bibliográfica e imágenes sobre Agroecología a gran escala. Además, por su escrito “*El por qué de un cambio*” (en capítulo 16 - “Grupo TIERE: ejemplo Agroecológico de cultivos extensivos”). Gracias también a los integrantes de *Grupo TIERE* que colaboraron, en especial a Mariela Puerta.

Biólogo Jorge Baldo (Prof. Adj. en “Gestión Ambiental” y Auxiliar en “Evolución”, de la Licenciatura en Biología, Sede S. S. de Jujuy, FCA-UNJu), por sus valiosos aportes sobre evolución, biodiversidad, metapoblación y corredores biológicos, además de tomarse el trabajo de leer, revisar y sugerir el texto entero.

Ingeniero Agrónomo David Ezequiel Medina (Prof. Adj. en “Ecología Agrícola”, Expansión Académica San Pedro y JTP en “Ecología Agrícola”, Sede S. S. de Jujuy, FCA-UNJu), por aportar su capítulo sobre Agroecología y docencia (capítulo 19 - “Agroecología y docencia: un breve relato de experiencia”), además de tomarse el trabajo de leer y revisar el libro.

Ingeniero Agrónomo Fabio David Alabar (Auxiliar de primera en “Agroclimatología”, FCA-UNJu), por su coautoría en el capítulo 13 - “El ingeniero agrónomo y el agua”, aportando datos locales sobre agroclimatología y cambio climático, además de haber leído el libro y realizado sugerencias y comentarios pertinentes.

Ingenieros Agrónomos Joaquín Fernández de Ullivarri y Juan García, por permitir la mención de su empresa hortícola *La Selvita SRL*. (Colonia Santa Rosa, Salta, Argentina) y brindar datos sobre su sistema. Y a Santiago Checa (administrador de finca *Las Timitas* de la empresa *Josagro SAS*), por facilitar información sobre su pasantía con trabajo final en *La Selvita SRL*.

Ingenieros Agrónomos Sebastián Agostini (JTP en “Zoología Agrícola”. FCA-UNJu) y Mauricio Agostini, por aportar imágenes sobre aplicaciones de técnicas limpias y su experiencia como productores mixtos para la elaboración del capítulo 15 - “Limitantes para la producción agroecológica en Jujuy”, del cual Sebastián es coautor.

Dr. en Ciencias Bioquímicas Luis Gabriel Wall (Universidad de Quilmes), por brindar información bibliográfica de su autoría.

Licenciado en Nutrición Claudio Mariano Barraza (Especialista en Medicina Social y Comunitaria), por participar con información bibliográfica y redacciones muy enriquecedoras.

Ingeniero Agrónomo Daniel José Gutierrez de Tezanos Pinto (encargado de finca *El Chemical*), por aportar información bibliográfica valiosa, además de leer y cuestionar el libro.

Ingeniera Agrónoma, M. Sc., Esp. Doc. Sup. Claudia Beatriz Gallardo (Prof. Asoc. en “Zoología Agrícola”, FCA-UNJu), por revisar y hacer sugerencias del texto entero, además de apoyarme siempre.

Ingeniero Agrónomo, Mg. Mario César Bonillo (Secretaría de Asuntos Académicos de la UNJu), por aceptar sin dudar la invitación de prologar el libro, además de realizar valiosos aportes y sugerencias.

Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy (EDIUNJu) por el gran esfuerzo y compromiso que tuvieron para sacar adelante este libro, a pesar de las dificultades causadas por la pandemia.

A todos, muchísimas gracias.

## PRÓLOGO

Entender la Agroecología como una propuesta transdisciplinaria y pluriepistemológica es entender sobre la necesidad de cambiar el paradigma reinante de la agricultura, todavía hoy masivamente influenciada por la mirada de la Ciencia Agronómica, como una expresión más de occidente; como también es entender que no solo pasa por reemplazar una tecnología por otra.

La producción tipo Revolución verde y sus expresiones como: el agronegocio, la agricultura industrial y la agricultura de precisión, entre otras; y sus desarrollos tecnológicos como: el mejoramiento genético y la deriva genética asociada, el monocultivo, la pérdida de diversidad, la mecanización y la consecuente generación de problemas fitosanitarios y la posterior contaminación a través de las soluciones planteadas para los mismos (agrotóxicos), la fertilización química sin considerar la biología, y la consecuente contaminación de las aguas con nitratos, entre otros, son los problemas recurrentes de un modelo tecnológico derivado de un paradigma y de una arista de la cultura occidental.

El libro realiza un análisis abarcativo de esta problemática y avanza en propuestas concretas para el desarrollo de otra agricultura. No solo realiza un análisis a partir de bibliografía actualizada, como así también un análisis de la propuesta agroecológica desarrollada por Pinheiro Machado, sino que, además, discute experiencias locales de producción hortícola con incorporación de la mirada agroecológica.

Sin dudas es un gran aporte para quienes se interesan en la Agroecología, para jóvenes estudiantes de las agronomías, para profesionales y agricultores interesados en la generación de esa otra agricultura.

Mg. Mario César Bonillo  
(Secretario de Asuntos Académicos de la UNJu)

## PREFACIO

*Hoy nos encontramos frente a un dilema inexorable: o seguir el paradigma de la desgracia, de la competitividad, del egoísmo, de la desgracia social, de la contaminación ambiental, de la destrucción de los bienes comunes naturales, de la barbarie de las guerras de conquista, de la destrucción de nuestra más bellas y altas tradiciones y tantas llagas vigentes, ¡u optar por la paz, por la vida!*

Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho (2016)

Este prefacio iba a ser escrito por el Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado (1928-2020), triste y desafortunadamente, con más de 65 años de experiencia en producción agroecológica, con proyectos de pequeña, mediana y gran escala en distintas partes del mundo, pasó al descanso eterno durante la revisión de este libro. Guardaré como oro sus enseñanzas, sugerencias y consejos. Que un profesional de su calibre tenga el gesto de contestar preguntas de forma gratuita y desinteresada a un joven confundido pero esperanzado refleja no solo la modestia que lo caracterizaba, sino también la fuerte convicción de querer dejarlo todo por un mundo mejor. No me queda más que volver a decirle ¡gracias por tanto!<sup>1</sup>

---

1- Entre tantos logros, el Profesor Pinheiro Machado, basándose en las leyes de pastoreo elaboradas por André Voisin (1957), creó el sistema de manejo agroecológico de pasturas que ha dado los mejores resultados hasta el día de hoy (económico, productivo, social y ambientalmente hablando); se trata del Pastoreo Racional Voisin (PRV).

Tuve la oportunidad de aprender de él a través de sus libros, de consultas vía e-mail y en el campo, sin duda, fueron las mejores “clases”.

Imagen N° 1: Fotografía tomada en Saint Georges de Montaignu (Francia), 2018.



Fuente: Fotografía del autor

Cuando iniciamos con mi hermano una parcela experimental en Maimara (Jujuy, Argentina) sobre producción agroecológica, nos vimos frente a un sinfín de información desordenada. Empezamos reemplazando insumos químicos por bioinsumo (utilizamos compost y *Trichoderma*), pues entendíamos que de eso se trataba la agroecología. Con práctica, estudio y tiempo fuimos comprendiendo que esto ni siquiera era lo más importante en un sistema agroecológico. La agroecología requiere un cambio de paradigma, y es lo que se espera que se entienda al finalizar la lectura de este libro.

En Jujuy vivimos una desinformación sobre lo que realmente es un sistema agroecológico de producción, y sobre cómo se podría aplicar a cualquier escala en nuestra región. La Agroecología se basa en principios o pilares que, lejos de ser una serie de pasos a seguir (receta), requieren un conocimiento local para su aplicación. De aquí la necesidad de sentar las bases científicas y prácticas para la producción agroecológica en nuestra región. En este libro los lectores encontrarán casos reales de agroecología en zonas similares a la nuestra. Además, se espera que con este trabajo se logre incentivar la producción agroecológica a cualquier escala en nuestra provincia, mediante ejemplos hipotéticos de su aplicación, y el respaldo político necesario que la agroecología merece, que a la agroecología le deben.

Los actores sociales encargados de la producción de alimentos son los primeros en intervenir sobre la salud de la población y, por lo tanto, sobre el bienestar del país, por eso esta publicación además pretende generar compromiso ético en los estudiantes, productores y docentes interesados en la producción agroecológica.

También existe una desinformación alarmante sobre lo que comemos y su relación con nuestros derechos como ciudadanos argentinos, por lo que se desea informar a los lectores sobre lo que están consumiendo, incluidos los productos certificados como orgánicos, pues es nuestro derecho saber.

La gran fragmentación de la ciencia ha permitido al ser humano adentrarse en el misterio de los pequeños detalles, generando conocimientos que antes del inmenso avance tecnológico de los últimos años era imposible de alcanzar. Pero desafortunadamente, esta fragmentación científica ha impedido a los investigadores integrar los datos aislados, a tal punto que las conclusiones nunca llegan a dar una solución concreta a los problemas de la humanidad: pobreza, hambre, explosión de plagas de cultivos y enfermedades humanas, contaminación ambiental, calentamiento global, migración rural, concentración de la riqueza, entre otros. En este libro, los lectores se introducirán en una mirada holística de los sistemas de producción de alimentos y entenderán la necesidad de integrar los datos aislados por la ciencia para dirigirlos hacia la solución de problemas, atacando las causas y comprendiendo el equívoco de atender solo los síntomas.

Estamos viviendo una nueva revolución en la producción de alimentos: la de los alimentos 3D. La cual tiene, como uno de sus principales objetivos, disminuir la emisión de carbono a la atmósfera por parte de la ganadería. Este trabajo busca informar a los lectores sobre la herramienta de secuestro de carbono atmosférico que significa la ganadería agroecológica; pues esto estuvo oculto (no mencionado) en todos los informes de calentamiento global de la Organización de las Naciones Unidas, para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Este libro servirá de ayuda para aquellos interesados en iniciarse en la producción agroecológica. Pretende romper el mito de que en la Facultad y revistas científicas reside la única información válida. Este texto desea

incentivar la curiosidad, creatividad, reflexión, cooperación y abrir la puerta hacia el trabajo con la vida, a favor de la vida, es decir, hacia reconectarnos con la esencia de la vida.

Omar Daniel Medina, 2020.

## INTRODUCCIÓN

*¿Hemos caído en un estado de mesmerismo que nos hace aceptar como inevitable lo inferior o perjudicial, como si hubiéramos perdido la voluntad o la visión de demanda de lo bueno?*

Carson (op. cit.)

*El problema ecológico no tendrá solución mientras exista el problema social. A mediados del siglo XX existían 25 millones de hambrientos en el mundo entero, hoy, 50 años más tarde, gracias a la agricultura de alta tecnología son 820 millones, muriendo anualmente 35 millones por hambre a pesar, o tal vez, “gracias” al progreso económico con su efecto concentrador que beneficia cada vez menos personas y sacrifica cada vez más pueblos.*

Primavesi (2009)

### **Evolución**

Nuestro organismo tal y como lo conocemos, con su increíble capacidad para regular diversos procesos fisiológicos, su capacidad inmunológica, su inigualable capacidad de razonamiento y creatividad, de percibir y responder, de crecer, desarrollarse y reproducirse, y mucho más, fue posible gracias a miles de millones de años de coevolución, interacción células-ambiente dando transformaciones que cada vez iban hacia una mayor complejidad de las mismas (células). En resumen, fue la Naturaleza quien permitió que seamos lo que hoy en día somos, seres humanos. Ella fue “moldeándonos” mediante sus diversos factores ambientales: suelo, clima, agua, aire, energía (alimento), radiación, diversidad de animales, vegetales, microbiota, relieves e interacciones entre todos ellos. Por ello, la evolución biológica es “el más importante concepto de la Biología Moderna, y constituye un concepto esencial para la comprensión de aspectos claves de los seres vivos” (National Academy of Sciences, 1998), incluyéndonos.

## Los seres humanos y la agricultura

La agricultura permitió un cambio radical en nuestra historia, pasamos de ser nómades a sedentarios. Por ejemplo, los imperios Azteca, Maya e Inca fueron posibles gracias al cultivo de maíz (inicialmente, y a la papa en el caso de los Incas), al ser un grano de alto valor energético que, por su bajo contenido de humedad, podía conservarse en la época de escasez y complementado con otros alimentos proteicos, proporcionaba la energía necesaria para el trabajo físico que realizaban (construcción, agricultura, ganadería, pesca, etc.). Los imperios y, actualmente, las ciudades son la máxima expresión de sedentarismo. Sin embargo, la agricultura representa una pequeñísima porción de nuestra historia, ya que, durante la mayor parte de nuestra existencia, nos adecuamos a la naturaleza, viviendo de la caza, pesca y la recolección.

Si pudiéramos equiparar la historia del género humano con 1 año calendario (habríamos aparecido sobre la tierra el 1 de enero), la agricultura habría surgido recién el 30 de diciembre a las 4 de la mañana. Mientras que, la agricultura moderna, que nos resulta tan familiar, (promovida por la revolución verde), recién habría hecho su aparición 13 minutos antes de la medianoche del 31 de diciembre; por lo que representa tan sólo un instante en la historia de nuestro género sobre este planeta (Sarandón y Flores, 2014).

Esquema N° 1: Resumen de la Historia Alimenticia del ser humano, representada en un año calendario



Fuente: Elaboración propia, con base en los datos de Sarandón y Flores, 2014.

## **Agricultura moderna y el contexto socio-político-ambiental actual**

La Revolución Verde promovió la agricultura moderna o industrial, la cual se instaló de forma masiva en los campos con el objetivo de disminuir la pobreza rural y el hambre mundial mediante la obtención de rendimientos superiores a los de la agricultura que se venía practicando; utilizando como herramientas semillas genéticamente modificadas, maquinarias de trabajo lineal, pesticidas y fertilizantes de síntesis química (paquete tecnológico). Pasaron tan solo seis décadas de este suceso histórico, y la producción de alimentos superó a la demanda mundial, solo con la producción de granos alcanza para alimentar a 12.000 millones de personas, y la tasa de producción mundial de alimentos supera la tasa del crecimiento de la población (FAO, 2015); sin embargo, cada 5 segundos que pasan una persona muere de hambre en el mundo (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016), cada 40 segundos otra muere intoxicada por agroquímicos (ibíd.; Soberón y Bravo, 2007). Y, aunque no puede negarse que la producción se multiplicó, tampoco puede negarse que perdió diversidad: de las 30.000 plantas superiores descritas como comestibles, solo 20 especies producen el 90% de los consumos mundiales y 3 cereales (trigo, arroz y maíz) proveen dos tercios de toda la energía alimentaria consumida y más de la mitad de las proteínas vegetales del mundo (Smill, 2003).

En Latinoamérica, el número de gente hambrienta aumentó en los últimos 3 años (FAO, 2018) y, como factor generador de pobreza y desigualdad, más del 90% de la riqueza mundial se acumuló en el 1% de la población mundial (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). La expectativa de vida aumentó para la porción más rica de la población y disminuyó para la porción más pobre.

Además, las plagas y enfermedades de cultivos y animales aumentaron, al igual que las enfermedades humanas (Carson, 1962; Servan-Schreiber, 2014). Por ejemplo, en Brasil, en 1950 había ciento noventa plagas catalogadas (Paschoal, 1979), hoy hay más de cuatro mil (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). A pesar de este incremento de plagas, estamos viviendo el “Armagedón de los insectos”: en el año 2017 se publicaron en Australia una serie de estudios que muestran que, en los últimos 30 años, a nivel mundial más del 40% de las especies de insectos

están declinando o están amenazadas de extinción (Hallmann *et al.*, 2017; Lister y Garcia, 2018; Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019). Esta cuestión llama mucho la atención, ya que cabe la pregunta: *¿Cómo puede haber más plagas si cada vez hay menos insectos?* En el planeta existen 1.100.000 especies de insectos descritas por la ciencia (Montés, 2013) y muchas más por descubrir. A una escala menor, en Argentina se registraron, hasta el momento, 3.088 especies de insectos<sup>2</sup>. Hay que mencionar que en la cátedra de Zoología Agrícola (FCA-UNJu) enseñamos 124 especies de insectos perjudiciales para la agricultura, si bien no son todas, representan una gran proporción de plagas en nuestro país. En consecuencia, localmente y a modo de ejemplo, los insectos perjudiciales solo representarían el 4% del total en nuestro país. Este pequeño ejercicio porcentual (a muy grandes rasgos) revela que el modelo industrial de explotar la naturaleza ha generado un ambiente favorable para esta minoría enriquecida, en detrimento de la gran mayoría empobrecida. El problema es que “sin la presencia y constante actividad de los insectos ningún ecosistema del planeta funciona con normalidad” (ibíd.). Los seres humanos somos parte del Ecosistema, no lo olvidemos.

El sistema moderno de producción es insumo dependiente, utiliza elevadas y crecientes cantidades de insumos industriales dolarizados (semillas genéticamente modificadas, fertilizantes, insecticidas, herbicida, fungicidas, combustible), los cuales impactaron e impactan fuertemente en los costos de producción, tornando al productor muy susceptible a las variaciones económicas, y llevándolo con el tiempo a la insolvencia financiera del proceso productivo. Esto último queda bien reflejado con algunos sucesos: de 1996 a 2002, los productores agrícolas brasileños se descapitalizaron en un 44%; de 1980 a 1985, más de 200.000 productores norteamericanos quebraron (Pinheiro Machado, 2016); en Argentina, de 1988 a 2018 se perdió el 40% de las explotaciones agropecuarias permanentes (Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC, 2020). La resistencia que adquirieron las plagas (malezas, enfermedades, artrópodos y nematodos) y la aparición de nuevas plagas hicieron que sean necesarias mayores cantidades de insumos para cosechar las mismas o menores

---

2- Consultado (en línea) el 02/02/2020, en <http://www.ecoregistros.org/site/pais.php?id=2&idgrupoclase=2>.

cantidades de producto. Todo esto llevó y sigue llevando a una tremenda migración rural hacia las ciudades. En la actualidad, el 90% de la población argentina vive en ciudades, trayendo gravísimas consecuencias sociales (desempleo, criminalidad, indigencia, narcotráfico, etc.), lo que se traduce en altísimos costos para el Estado.

Con respecto a la Ecología y el Capital Natural, se puede mencionar algunas consecuencias: el cambio climático y la contaminación ambiental (estrechamente relacionados) amenazan nuestra existencia como nunca antes, y son, en gran parte, consecuencia de las prácticas agropecuarias pregonadas por la Revolución Verde; veamos los siguientes ejemplos:

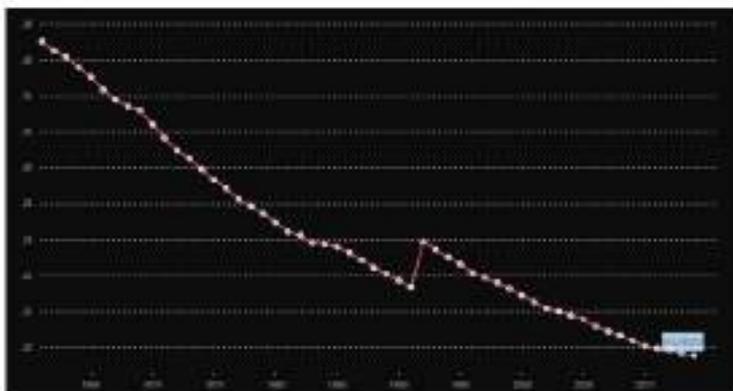
- El 70% del agua dulce en el mundo es utilizada para la agricultura (consecuencia de suelos descubiertos, sin materia orgánica ni estructura y elevado aporte de sales nutritivas, lo que aumenta la necesidad del riego) (FAO, 1997). Es también utilizada como medio de aplicación de agroquímicos, para la producción de agroquímicos y, también, contaminada por los mismos.
- La mayor emisión de CO<sub>2</sub> se atribuye a la pérdida de materia orgánica del suelo, debido al mal manejo del mismo (arado/rastra<sup>3</sup>, eliminación de la cobertura, monocultivo, erosión) (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.).
- En el mundo se pierden 2420 tn de suelo por segundo como consecuencia de la erosión, lo que genera un ritmo de desertificación de 1370 ha por hora (ibíd.). Esto, sumado al crecimiento poblacional, acelera la pérdida de superficie cultivable por habitante: pasamos de 0,36 ha/habitante en 1965, a 0,16 en 2014 (ver *Gráfico N° 1*; Banco Mundial, 2016).
- La utilización de fertilizantes nitrogenados contamina las napas freáticas con nitratos y nitritos (compuestos probablemente carcinogénicos; ATSDR, 2015) y emite óxido nitroso a la

---

3- La remoción del suelo no es una práctica promocionada por la “Revolución verde”, de hecho, esta práctica data desde los comienzos de la agricultura. Sin embargo, como lo mencionó en 1964, el Secretario de Estado de Agricultura y Ganadería Argentina, Walter F. Kugler, se esperaba una drástica reducción de los procesos erosivos del suelo con la implementación de las nuevas tecnologías de los países desarrollados, es decir, del paquete tecnológico (Kugler, 1964).

atmósfera (gas de efecto invernadero, más potente que el  $\text{CO}_2$ ). El confinamiento animal, de igual manera, contamina el agua freática y emite  $\text{CH}_4$ , el cual no es reciclado por el suelo que sostiene a los animales y, en consecuencia, se acumula en la atmósfera. Además, estos confinamientos (especialmente, el de aves y cerdos) pueden ser fuentes de enfermedades humanas como el Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS), las gripes aviar y porcina, el Covid-19 y el Síndrome Urémico Hemolítico causado por *Escherichia coli* O157:H7, cuya incidencia se incrementó con el cambio de dieta en los bovinos (del pasto a los granos) (Callaway, 2009).

Gráfico N° 1: Evolución de la Superficie Cultivable *per cápita* en el mundo<sup>4</sup>



Fuente: Banco Mundial, 2016.

Con respecto a la salud humana, que es lo más importante, la agricultura moderna ha contribuido enormemente a la enfermedad. La dilapidación del ambiente conduce entre tantas cosas a la destrucción y empobrecimiento del suelo, lo que resulta en alimentos de bajísima calidad biológica (pobres en nutrientes). De la salud del suelo depende la salud de las personas, este conocimiento no es nada nuevo, ya en 1898 Julius Hensel escribió sobre las enfermedades originadas por la ingesta de alimentos cultivados

4- La tierra cultivable (en hectáreas por persona) incluye aquellos terrenos definidos por la FAO como afectados a cultivos temporales (las zonas de doble cosecha se cuentan una sola vez), los prados temporales para segar o para pasto, las tierras cultivadas como huertos comerciales o domésticos, y las tierras temporalmente en barbecho. Se excluyen las “tierras abandonadas a causa del cultivo migratorio”.

en suelos deficientes. Décadas más tarde, en 1939, John Kerr publicó en Chester, Inglaterra el *Medical Testament Nutrition, Soil Fertility and National Health*<sup>5</sup>, donde se describió con lujo de detalle las consecuencias del empobrecimiento del suelo sobre la nutrición predisponiendo a las personas a distintas enfermedades. Este estudio fue reafirmado por Sir Howard en 1940, por Rodale en 1946, por Voisin en 1971 y en 1975, por Chaboussou en 1980 y por Pottenger en 1983; estos autores resaltaron nuevamente que es en el suelo donde empieza la salud, y que el sistema de producción de alimento cometía un gravísimo error al priorizar únicamente el rendimiento olvidando su calidad biológica. Por dar un ejemplo nacional, el Centro de Estudio Sobre la Nutrición Infantil (CESNI-Argentina) publicó en el 2010 todo un informe sobre la desnutrición infantil en Argentina, donde se evidencia que la falta de ingesta de micronutrientes en niños es responsable de altísimos costos monetarios para el Estado argentino, por ejemplo: la Anemia, en el año de la publicación, generaba un costo al Estado argentino de US\$ 569.132.690,32 (en el año 2010, 1 dólar estadounidense equivalía a 2,309 pesos argentinos). Una de las opiniones sobre este problema decía: “que un niño padezca desnutrición infantil no solo limita su capacidad de desarrollo físico, emocional y cognitivo y en definitiva sus posibilidades de progreso, sino que además impacta en el potencial de crecimiento y desarrollo económico de un país” (Espagnol y Carmuega, 2010). Todo esto sin mencionar el efecto negativo de los agroquímicos en la salud, que vienen a sinergizar el efecto degenerativo sobre nuestra salud (Carson, op. cit.; Servan-Schreiber, op. cit.; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Medina, 2017).

Al respecto viene bien recordar algunos de los derechos que gozamos los ciudadanos argentinos, expresados en los Artículos 41 y 42 de nuestra Ley Suprema: la Constitución Nacional Argentina (1994):

*Artículo 41:* todos los habitantes gozan del **derecho** a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el **deber**

---

5- En el Apéndice A, págs. 381 - 395, se encuentra el texto “El Testamento Médico”, para lectura y consulta.

de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley (...).

*Artículo 42:* los consumidores y usuarios de bienes y servicios tienen derecho, en la relación de consumo, a la protección de su salud, seguridad e intereses económicos; a una información adecuada y veraz; a la libertad de elección, y a condiciones de trato equitativo y digno.

El tiempo fue mostrando que los objetivos de la Revolución Verde no fueron cumplidos, y, además, trajeron graves consecuencias socio-ambientales que amenazan nuestra subsistencia. La agricultura convencional o “moderna” fue diagnosticada por la FAO (2015) como insostenible e insustentable; es decir que, si seguimos así, vamos a extinguirnos con los silos rebalsando de granos.

CAPÍTULO 1

# **AGROECOLOGÍA**

Por lo visto hasta ahora, surge la necesidad de buscar otro camino, un camino que nos permita producir alimentos en cantidad y calidad, sin degradar el ambiente (y, hoy en día, regenerarlo), produciendo un beneficio económico acorde a una vida digna para el productor y, a la vez, generar fuente de trabajo. Este camino, o paradigma, es la Agroecología. La cual, a diferencia de la agricultura convencional, deja de encarar los problemas con una mirada reduccionista o lineal (por ej.: matar la plaga), para encararlos con una mirada holística, es decir, solucionando no solo los síntomas, sino también la raíz o causa del problema (por ej.: entender por qué aparecen las plagas y actuar sobre ello), porque todo depende de todo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) declaró a la Agroecología como el camino a seguir para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planificados hasta el 2030 (FAO, 2018). Según esta organización mundial, la Agroecología ayudará a alcanzar los siguiente ODS:

1. Erradicar la pobreza y el hambre.
2. Asegurar una educación de calidad.
3. Alcanzar la igualdad de género.
4. Incrementar la eficiencia del uso del agua.
5. Promover un trabajo decente.
6. Asegurar la producción y el consumo sostenible.
7. Aumentar la resiliencia climática.
8. Frenar la pérdida de la biodiversidad.
9. Cambiar y mejorar el régimen social.

Algo que la FAO no nombra y merece su mención es que la Agroecología ayudará a mejorar la salud de la población mundial (como veremos más adelante).

### **Definición**

La Agroecología es una forma de agricultura que retoma las concepciones agronómicas de producciones anteriores a la Revolución verde; se apropia de los inmensos progresos de la ciencia y de la tecnología de los últimos cincuenta años que se conforman en técnicas productivas con la incorporación de las cuestiones sociales, políticas, culturales, ambientales, energéticas y éticas, siempre considerando la escala (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016).

### **Pilares Fundamentales**

Todos los beneficios que proporciona la Agroecología se deben a que se trabaja con la naturaleza, y no en su contra, ya que esta es la que permitió nuestra existencia, nuestra aparición. El planeta Tierra es un sistema compuesto por un sinnúmero de componentes e interacciones complejas, cuyo principal objetivo es (y será) crear, multiplicar (en cantidad y diversidad) y mantener la vida. Bajo esta premisa de imitar la naturaleza, *la Agroecología logra comprender el funcionamiento de la vida y aplicarlo a la producción de alimentos*<sup>6</sup>.

La Agroecología está basada en los “procesos naturales” de mantención de fertilidad y equilibrios biológicos; estos procesos constituyen los pilares fundamentales sobre los que se apoya la producción agroecológica a cualquier escala, y, según Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho (ibíd.), son:

- Mejorar la condición humana
- Nutrición Orgánica de la Plantas
- Ciclo del gas Etileno en el Suelo
- Transmutación Biológica de los elementos

---

6- Aprovecho la ocasión para resaltar la tremenda importancia de que, Biólogos y Agrónomos, trabajemos juntos para un fin noble y necesario.

- Materia Orgánica del Suelo
- Trofobiosis
- Estímulo de la Biocenosis del Suelo
- Estímulo de la Biodiversidad
- Leyes Universales del Pastoreo, según Voisin

Estos autores mencionan la importancia de la “Fotosíntesis” como algo inseparable y vital para el óptimo funcionamiento de los sistemas productivos. Lo que pretendemos en este trabajo es mostrar a la maximización de la fotosíntesis y ciclos biogeoquímicos, como pilares agroecológicos para producción a cualquier escala, es decir, resaltar la importancia que tiene el “ayudar” a que estos fenómenos ocurran sin impedimentos en los agroecosistemas. Además, bajo el marco de Nutrición Orgánica, Ciclo Etilénico, Transmutación Biológica, Trofobiosis, Biocenosis del suelo y Biodiversidad, hemos proporcionado información enriquecedora y actualizada.

De esta manera, procedemos a enumerar y describir los pilares fundamentales de la Agroecología para su aplicación a cualquier escala.

## CAPÍTULO 2

# **MAXIMIZACIÓN DE LA FOTOSÍNTESIS**

*Debido a que toda la vida depende de la capacidad de las plantas para convertir la energía de la luz solar en una forma consumible a través de la fotosíntesis, también lo hace toda economía, toda nación y toda civilización.*

Savory y Butterfield (2019)

“La fotosíntesis es el mecanismo mediante el cual se puede garantizar que la vida sobre la Tierra no llegue a su fin por falta de energía” (Coll *et al.*, 1995), donde las plantas transmutan la energía solar en energía química, almacenándola en los enlaces que unen los átomos de carbono (carbono-carbono) de sus moléculas orgánicas, para ser aprovechada por ellas mismas y por los siguientes niveles tróficos mediante la respiración. Sin energía no hay vida, de hecho, “la vida en sí es una transformación de energía” (Restrepo y Pinheiro, 2009).

La producción agrícola a escala es posible gracias al uso de máquinas agrícolas que consumen combustible y a la utilización de materias primas como los fertilizantes, fitosanitarios o semillas, cuya producción y transporte también ha tenido un coste energético muy significativo. La maquinaria se lleva el 51% de la energía consumida en una finca, y los fertilizantes químicos un 45% (ver Tabla N° 1). Los fitosanitarios son, en su mayoría, derivados del petróleo y necesitan de maquinaria para su aplicación; se asume, en consecuencia, que demandan grandes cantidades energéticas, tanto para el uso de maquinaria, como para su producción. Entendemos, entonces, que insumos químicos son sinónimo de energía (fósil en su mayoría).

Tabla N° 1: Valor energético de síntesis de distintas fuentes de Nitrógeno (N)

Fertilizante nitrogenado	Energía de producción (Mj/kg de N)
Nitrato amónico cálcico 27%	46
Nitrato de amonio 33,5%	44
Sulfato de amonio 21%	45
Urea 46%	64

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2007.

No se puede obtener grandes cantidades de producto sin la utilización de grandes cantidades de energía, esto es de suma importancia para la producción en “cantidad”; la Agroecología no niega esta realidad, pero sí cuestiona lo siguiente: *¿Por qué tiene que ser mediante insumo industrial (= energía fósil)? ¿Por qué no utilizar energía solar (infinita-gratuita y no contaminante) de la forma más eficiente para obtener grandes cantidades de producto?* Debido a estas consecuencias es que un pilar fundamental de la Agroecología es optimizar la fotosíntesis, “ayudándola” desde todos los ángulos posibles; se estima que siempre que la fotosíntesis se produzca con la intensidad que la planta necesita, ésta crecerá en equilibrio, lo que se traduce en producción de cosecha y sustancias defensivas. Por el contrario, cualquier factor que limite la fotosíntesis, en lo más mínimo, hará que la planta pierda o disminuya su capacidad de producir y defenderse. Desde un enfoque sistémico, la ineficiencia fotosintética trae como consecuencia bajos aportes energéticos al agroecosistema reduciendo fenómenos fundamentales, como, por ejemplo, los ciclos biogeoquímicos, llevando a la necesidad de aportar energía suplementaria para obtener cosechas productivas.

Entre los factores que limitan la fotosíntesis, a nivel planta, están los siguientes:

- Cultivares no adaptados a la zona donde se los produce.
- Cantidad y calidad de radiación solar.
- Nutrición inadecuada por falta de minerales y/o de actividad biocenótica en el suelo.
- Cualquier tipo de estrés que sufra la planta (hídrico, térmico, biológico, etc.).
- Senescencia.

Y, desde una visión de sistema, los factores que limitan la entrada energética son:

- Baja densidad de plantas fotosintéticamente activas.
- Plantas senescentes, en la mayor superficie del terreno.
- Suelo sin cobertura o con cobertura muerta (barbechos limpios o muertos).

Una vez logrado el proceso de fijación y conversión de energía solar a química, las plantas deben ser capaces de respirar, es decir, de oxidar los azúcares que se produjeron en la fotosíntesis para obtener energía (adenosín trifosfato -ATP) y moléculas intermediarias que las plantas utilizan para producir muchos compuestos vegetales esenciales (hormonas, enzimas, proteínas de diversos tipos, etc.) para un normal crecimiento, desarrollo, defensas, reproducción, etc. Este proceso de respiración, que permite la formación de tejido vegetal y el normal funcionamiento de la planta, ocurre en todos los órganos de la misma y en distinta intensidad según su etapa de vida. Así mismo, las raíces deben ser capaces de respirar los azúcares que la parte aérea le suministra, siendo así, el O<sub>2</sub> del suelo, esencial para este proceso, por eso, la importancia de una buena estructura de suelo. Cabe destacar que, sin un crecimiento normal de las raíces, toda la planta se ve desequilibrada (baja producción y defensas).

Afortunadamente, el balance “fotosíntesis-respiración” en la naturaleza es positivo; es decir, las plantas fijan más energía de la que respiran, de no ser así no existiríamos. La evidencia más grande de este balance positivo, además de los millones formas de vidas heterótrofas que existen en la Tierra, son los yacimientos de energía fósil, resultado de millones de años de balance “fotosíntesis-respiración” positivo.

Para que los procesos de fotosíntesis y respiración ocurran es necesaria la intervención de enzimas, especializadas en catalizar o incrementar la velocidad a la que una reacción química alcanza el equilibrio, sin alterar el punto final de dicho equilibrio (Klug *et al.*, 2006). Casi todas las reacciones químicas de la vida son demasiado lentas sin la intervención de las enzimas (Salisbury y Ross, 1992). Esta “catálisis biológica” es el proceso mediante el que se disminuye la energía de activación de una reacción dada. La energía de activación es el incremento del estado de energía cinética que las moléculas dadas deben alcanzar antes de reaccionar entre ellas. Si bien este estado puede alcanzarse incrementando la temperatura (energía), las enzimas permiten que las reacciones biológicas ocurran a una temperatura fisiológicamente más baja. Así, las enzimas hacen posible la vida como la conocemos (Klug *et al.*, op. cit.). Esta mirada permite reconocer a las enzimas como economizadores de energía; por lo tanto, su producción por parte de los cultivos y microorganismos es vital para eficientizar la fotosíntesis. Casi

todas las enzimas son proteínas y todas necesitan de, al menos, un mineral (macro y microelemento) para poder ser sintetizada y/o activada.

CAPÍTULO 3

**NUTRICIÓN ORGÁNICA DE LAS  
PLANTAS**

Antes de los trabajos de Liebig (1840), prevalecía la teoría del “humus”, es decir que las plantas se alimentaban de sustancias complejas (Korcak, 1992; Traedwell *et al.*, 2003; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016). Hensel (1898), quizás, fue el primero en oponerse a esta “Ley del Mínimo” como versión cualitativa de los principios utilizados para determinar la aplicación de fertilizantes en la agricultura, que llevaban (y aún, después de 180 años, siguen llevando) a reponer en el suelo solo los minerales que las plantas toman en mayor cantidad (macroelementos-NPK), ya que el resto era abundante en los suelos por ser muy poco tomados por las plantas (microelementos), no afectando su rendimiento.

Hensel corrigió esta idea con sus publicaciones que mostraban las enfermedades que contrajo cierta población cuando ingería alimentos producidos en suelos deficientes en algún mineral, haciendo hincapié en que la reposición de unos pocos minerales desequilibraba los nutrientes en el suelo y, por lo tanto, en los alimentos que se producen en él (plantas y animales). Hensel es el padre de los fertilizantes a base de harinas de roca, pues él afirmaba que solo los aportes equilibrados daban cosechas resistentes y nutritivas, y no había mejor equilibrio que el que se encuentra en las rocas que formaron los suelos.

Años más tarde, Howard (1940) mostró lo grave de manejar la fertilidad del suelo con fertilizantes de síntesis química, con las publicaciones de sus increíbles trabajos sobre humus y micorrizas. Pronosticó que, si se generalizaba el uso de fertilizantes químicos, los suelos se empobrecerían, las plagas explotarían y la salud mundial caería (apoyado en el *Testamento médico*). Los estudios de Howard fueron posteriormente apoyados y

republicados por numerosos profesionales, entre ellos, Voisin, quien propuso 5 leyes científicas para la aplicación de abonos.

Gray y Williams, en 1971, ya habían mencionado la capacidad de las plantas de absorber del suelo moléculas complejas (enzimas, virus). Sin embargo, fueron Francis Pottenger (1946 citando en Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.) y Claude Aubert (1981 citado en ibíd.) los que plantearon que esta capacidad de las plantas para tomar del suelo moléculas de alto peso molecular debía ser considerada como una forma de nutrición de las plantas, es decir, no solo mediante sales solubles.

Pottenger (1946 y 1983) trabajó en su vida con más de 2000 gatos, intentando demostrar la pérdida de calidad nutricional que producían los procesos industriales a los alimentos, y encontró algo sobresaliente: hizo un experimento con 4 tratamientos que recibieron el mismo alimento, salvo por el tipo de leche:

- Jaula A: leche condensada
- Jaula B: leche en polvo
- Jaula C: leche pasteurizada
- Jaula D: leche cruda.

Demostó científicamente su hipótesis de que, cuanto menor proceso industrial sufrían los alimentos, mejor era el resultado sobre la salud y bienestar de los gatos. Pero, además, encontró que los porotos que había sembrado en las cajas de arena lavada de la Jaula D, donde los gatos defecaban y orinaban, crecieron más frondosos, sanos y sabrosos; mientras que en las cajas de arenas de las demás jaulas los porotos sufrieron enfermedades, dieron poca cosecha, pero lo que más le llamó la atención fue su sabor fuerte, con gusto a excremento de gato. Francis encontró que las plantas de las Jaulas A, B y C absorbieron moléculas contenidas en los excrementos, aquellas moléculas que le dan su olor característico, que son principalmente compuestos proteicos (indol y escatol). Su desafío a futuro fue el de reevaluar la nutrición de las plantas únicamente bajo sales solubles, pues, además, las plantas son capaces de absorber moléculas más complejas (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.)

Casi 30 años más tarde, en el 2009, Näsholm y equipo, a partir de una observación estadísticamente probada: “Falta Nitrógeno (N): existe una fuerte discrepancia entre la tasa de producción de formas inorgánicas de N y la tasa de absorción anual de N de la planta, lo que sugiere que las plantas deben adquirir fuentes de N distintas a las formas inorgánicas”, publicaron una revisión de toda la información científica hasta la fecha que demostraba la capacidad de las plantas de absorber y utilizar moléculas complejas para su nutrición. Se basaron principalmente en el N orgánico y llegaron a la conclusión de que las plantas son capaces de tomar aminoácidos, péptidos y proteínas; fenómeno que se ve favorecido por la asociación con micorrizas, gracias a la producción, por parte del hongo (también se producen en la planta), de transportadores que facilitan la absorción y transporte de aminoácidos; además, el hongo elimina el problema de baja difusión de las moléculas complejas en el suelo (si se comparan con el nitrato, por ejemplo), mediante el aumento exponencial de la superficie de absorción de las raíces conectadas a la red de hifas (ver Imagen N° 2). Demostraron, además, que esta fuente de nitrógeno, a diferencia de las fuentes salinas (amonio y nitrato), requiere menos energía para su absorción, ya que esta ocurre por vía simporte con uno o dos protones transportados simultáneamente con el aminoácido. De la misma manera, los costos de transporte y metabolismo de convertir el N inorgánico absorbido en aminoácidos son sustancialmente superiores si se los compara con el N orgánico, cuya metabolización para sintetizar proteínas es más directa. Por lo que la absorción de N orgánico conduce a un ahorro sustancial de energía en la planta. Esto podría ser importante para las tasas de crecimiento de raíces finas y micorrizas, estructuras que dependen del transporte de energía química desde las partes aéreas. Ahorro que permite sinergizar el primer pilar agroecológico: eficientizar la captación y uso de energía del agroecosistema.

El único inconveniente que encontraron estos autores (hasta el 2009) fue el de no haber hallado estudios que demuestren contundentemente que las cantidades de N orgánico que toman las plantas influyen significativamente en su crecimiento y rendimiento:

Actualmente, carecemos de evidencia directa de que el N orgánico contribuya con cantidades significativas de N a la nutrición de las

plantas en cualquier ecosistema. Esta es una deficiencia crítica ya que ningún experimento individual ha podido demostrar explícitamente que el N de la planta en un grado significativo puede explicarse por la absorción de N orgánico. Este es también, naturalmente, el desafío más importante para futuros estudios (Näsholm *et al.*, 2009).

Imagen N° 2: Plántula de Pino Micorrizada



Fuente: Extraído (en línea) el 03/02/2021, en <https://www.vdvegetal.com/inoculo-de-micorriza-beneficios-y-como-hacerlo/>

Gracias a los inmensos avances tecnológicos, en la actualidad, se llegó a demostrar científicamente, no solo lo que los autores anteriores no lograron demostrar, sino mucho más:

- Wang *et al.*, en 2019, mostraron, mediante técnicas genéticas, que el dormir los genes que codifican la producción de transportadores de aminoácidos (los que permiten a las plantas absorber y transportar los aminoácidos desde el suelo) condujo a la inhibición de crecimiento y a bajos rendimientos en el cultivo de arroz. Lo que lleva a la conclusión directa de que los aminoácidos constituyen una

fuerza de N sustancial para las plantas, afectando significativamente el rendimiento.

- Noroozlo *et al.* (2019), trabajando con albahaca (*Ocimum basilicum*), demostraron que el efecto de la aplicación de aminoácidos, como fuente de nitrógeno sobre el crecimiento y calidad de la planta, es superior al que se obtiene con nitrato. En este estudio, citaron autores cuyos ensayos demostraron que los aminoácidos inducen algunos efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas como: absorción y translocación de nutrientes, fotosíntesis y producción de biomasa (Souri y Hatamian, 2019). Lo que mejora, a su vez, la calidad nutricional de los cultivos (García *et al.*, 2011; Souri, Sooraki, y Moghadamyar, 2017; Noroozlo, Souri y Delshad, 2019). Esto último también pudieron demostrarlo al obtener con fertilización orgánica mayor biomasa de raíces y brotes, y aumento en las concentraciones foliares de potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe) y zinc (Zn); comparado con las albahacas fertilizadas con amonio.
- Así también, Samane, en 2019, encontró que los aminoácidos exógenos, especialmente la lisina, promovieron la movilidad y la biodisponibilidad de Manganeso (Mn) aplicado como pulverización foliar en plantas de pepino (*Cucumis sativus*), lo que se traduce a un mejor crecimiento debido a las funciones metabólicas que cumple dicho oligoelemento en el metabolismo de las plantas (esto también aumenta la calidad nutricional del alimento).
- Siguiendo con la calidad de los productos, Liao *et al.* (2019), trabajando con nabo (*Brassica campestris*), encontraron que la mayoría de los antioxidantes de las plantas se correlacionaron negativamente con el N inorgánico y positivamente con el N orgánico en el suelo. Varias rizobacterias beneficiosas se asociaron con la rizosfera modificada con fertilizantes orgánicos, incluidos los géneros *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Actinomycetospora* y *Frankia*; lo que se correlacionó positivamente con la biomasa vegetal y el folato. Además, los perfiles funcionales predictivos de la comunidad rizobacteriana involucrados en el metabolismo de los aminoácidos y el metabolismo de los lípidos aumentaron significativamente bajo

la fertilización orgánica, que se correlacionaron positivamente con la actividad antioxidante de las plantas.

- Sigala *et al.*, en 2019, demostraron que el aporte de nitrógeno orgánico no solo era eficiente promoviendo el crecimiento, como ocurre con las fuentes inorgánicas (amonio y nitrato), sino que, a diferencia de estas últimas, los aminoácidos también aumentaban la tolerancia al estrés abiótico (frío y sequía) en plántulas de pino (*Pinus spp*). Lo que se debió al ahorro energético que proporcionan las formas orgánicas de nitrógeno en cuanto a absorción y metabolización. Esto deja en claro que, al eficientizar la energía que entra al sistema (a través de la fotosíntesis), aún en algo que parece tan insignificante (que, por lo visto, no lo es), puede beneficiar a las plantas de forma significativa; en este caso, a tolerar estrés hídrico y térmico. En otras palabras, los fertilizantes nitrogenados de síntesis química aumentan la susceptibilidad de las plantas al estrés abiótico y biótico (como veremos más adelante).
- Dilek, en 2019, al igual que Sigala y su equipo, demostró que la aplicación exógena de glicina (aminoácido) aumentó significativamente la resistencia a la salinidad en cebolla (*Allium cepa*); específicamente, al mitigar dramáticamente en diversos grados los efectos restrictivos de la salinidad en la germinación de la semilla, la actividad mitótica, las aberraciones cromosómicas y el crecimiento de las plántulas.
- No olvidemos, además, que las bacterias simbiosis fijadoras de nitrógeno, entregan aminoácidos y no nitrato o amonio a la planta hospedera (Wild, 1992. Wall, 2020).

Ante tales descubrimientos sobre la vital importancia de la nutrición de las plantas a través del nitrógeno orgánico, cabe la pregunta: ¿Qué otras formas orgánicas nutrirán a las plantas en la naturaleza además de los aminoácidos? La ciencia ha mostrado lo poco que sabemos sobre el funcionamiento de la Naturaleza (Fukuoka, 1988), esta realidad resulta muy contradictoria cuando se recuerda que el origen de la ciencia se debió a la curiosidad del ser humano por comprenderla. *En algún punto de su trayectoria, la ciencia se desvió hacia la multiplicación desmedida del capital.*

Después del agua, las proteínas son el principal componente de las bacterias y demás microorganismos del suelo. Lo que sugiere que, gracias a su incomparable tasa de reproducción<sup>7</sup>, los suelos vivos aportan sustanciales cantidades de nitrógeno orgánico.

Un simple gramo de suelo sano puede contener 5 metros de micelio fúngico,  $10^8$  (100.000.000) células bacterianas y  $10^6$  (1.000.000) esporas de actinomicetos, sin mencionar las algas y los virus. Todo esto, llevado a peso, representan el 0,06% del total del gramo de suelo considerado ( $0,6 \times 10^{-4}$  g) (Gray y Williams, 1971). Esto significaría 2.700 kg/ha aproximadamente de biomasa microbiológica (para los primeros 30 cm de un suelo con DAP de 1,5 t/m<sup>3</sup>), que, a grosso modo, representan unos 405 kg de proteínas por hectárea (15% de peso total) que están constantemente aportándose a la velocidad del crecimiento/muerte microbiana. Este aporte será mayor o menor según las condiciones climáticas; por ejemplo, en invierno y temporada de sequía, esta actividad disminuye. Estos son factores en los que no podemos intervenir como productores, pero sí podemos hacerlo sobre el microclima (estructura, humedad, temperatura e inocuidad del suelo, aporte energético y nutricional), mediante prácticas agroecológicas.

En otras palabras, la producción agroecológica consiste en favorecer las condiciones que permiten el normal desarrollo de la vida.

---

7- Los microorganismos suelen tardar 30 minutos en dividirse en dos; por lo tanto, en diez horas, un microorganismo puede multiplicarse en 1.048.576 células nuevas (Cho, 2019).

## CAPÍTULO 4

# **CICLO DEL GAS ETILENO EN EL SUELO**

*Si quieres hacerte una idea de la fertilidad natural de la tierra, pasea alguna vez por la montaña y observa los árboles gigantes que crecen sin abonos ni laboreo. La fertilidad de la naturaleza tal como es, está más allá del alcance de la imaginación.*

Fukuoka (1988)

El etileno es un gas que no solo es producido naturalmente por las plantas, sino que además se sintetiza en el suelo por la acción de microorganismos. Hay dos moléculas en el suelo cuya presencia inhiben su síntesis: el  $O_2$  y el  $NO_3^-$ . Por lo que, naturalmente, se produce cuando el consumo de oxígeno del suelo, por parte de los microorganismos aerobios, supera la tasa de difusión, generando condiciones anaeróbicas. Un suelo sano posee una estructura migajosa o grumosa (Russell, 1934; Gray y Williams, 1971; Wild, 1992; Pinheiro Machado, 2016; Savory, 2019), caracterizada por su equilibrio perfecto entre macro, meso y micro poros, dejando conductos favorables para la penetración de raíces y la buena difusión de agua y de aire ( $O_2$ ). En un suelo así, también existe una comunidad microbiológica abundante que llega a consumir más oxígeno del que difunde; especialmente en los microporos, donde se encuentran las raicillas encargadas de la absorción de agua y nutrientes. Una actividad biológica como esta necesita de un suministro adecuado de sustrato y energía, de lo contrario, su crecimiento se ve limitado. Afortunadamente, en un suelo bien estructurado existe, inexorablemente, una buena dotación de Materia Orgánica (MOS) (5% aproximadamente), y las raíces (específicamente las raicillas en el microsítio) exudan energía en forma de carbohidratos (algunas plantas pueden llegar a exudar entre el 10 y 40% del total que fotosintetiza. Wild, 1992), dejando las condiciones ideales para mantener la proliferación microbiológica.

De esta manera se empieza a agotar el  $O_2$  del micrositio, las bacterias anaerobias se activan y la producción de etileno se desencadena. Este gas inactiva, pero no mata las bacterias aeróbicas; y, curiosamente, los microorganismos fitófagos, que son aerobios en su mayoría, resultan ser más sensibles al etileno que los microbios descomponedores (Dal Bello *et al.*, 1997; Harrison, 2001), lo que permite mantener fitófagos inactivos mientras que la materia orgánica fresca se sigue procesando. Por diferencia de concentración, el  $O_2$  vuelve a difundir al micrositio (siempre que el suelo siga manteniendo su correcta estructura) y los microorganismos aerobios vuelven a activarse mientras que los anaerobios cesan su crecimiento. Este proceso es dinámico en el suelo, hay un vaivén constante entre microbios aerobios y anaerobios (Harrison, op. cit.).

La primera forma nitrogenada que se desprende como resultado del trabajo microbiano sobre la materia orgánica fresca (reciclaje) es el nitrógeno orgánico (proteínas, péptidos y aminoácido), luego se produce  $NH_4^+$ . Y, si las plantas no toman estas formas a tasas similares a su producción, el excedente es reducido a  $NO_3^-$ ; el cual, a diferencia de los dos primeros, se pierde con suma facilidad (por lixiviación y gasificación) e inactiva la producción de etileno, provocando una actividad descontrolada de microorganismos aerobios, acelerando la oxidación de MOS y la proliferación de patógenos. Una situación como esta se observa en un bosque en perfecto equilibrio dinámico, donde un árbol dañado o decrepito pierde su capacidad de tomar nitrógeno del suelo para producir biomasa vegetal a los ritmos que lo venía haciendo. Ocurriendo, así, un excedente de N que termina reduciéndose a nitrato, el cual puede ser repartido a otras plantas mediante el agua o volverse a la atmósfera. El excedente detiene el ciclo del etileno, prosperan los patógenos y el árbol termina enfermándose; finalmente este muere, dejando lugar a nuevas plantas que, en conjunto, pueden tomar el exceso de nitrato para crecer vigorosamente en muy poco tiempo, y de esta forma se restablece el equilibrio del ciclo etilénico (ibíd.).

Este hecho queda demostrado cuando se analiza el nitrógeno de un suelo sano (por ejemplo, el de un bosque o pastura bien manejada), donde se encuentran de 15 a 20 ppm de amonio y menos de 2 ppm de nitrato. Muy diferente es lo que ocurre en un suelo bajo manejo convencional, donde prácticamente no se encuentra nitrógeno amoniacal y sí de 20 a 200 ppm

de nitrato. Esto se debe al aporte de fertilizantes nitrogenados (amonio y nitrato), combinado con la remoción del suelo que provoca la oxigenación excesiva del suelo, y, por ende, la oxidación de MOS (emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera) y proliferación de patógenos. A esto se suma que los precursores de etileno, que se encuentran en la hojarasca y restos vegetales, se eliminan bajo el concepto “suelos despejados” de la agricultura industrial (ibíd.).

Todas estas prácticas acidifican el suelo y, por lo tanto, nutrientes como el calcio, potasio y magnesio entran en solución y se lixivian fácilmente. La mayor parte del carbono de la materia orgánica se evapora en el aire en forma de  $\text{CO}_2$ . Así, toda la energía soltada por la descomposición de la materia orgánica es disipada y desperdiciada, haciéndose difícil recuperar el equilibrio, y más cuando las “malezas” que crecen con rapidez para devolverlo son eliminadas con agrotóxicos que también afectan negativamente a la biología del suelo. El sistema está fuera de equilibrio, igual que como estaba alrededor del árbol enfermo en el bosque (ibíd.).

Se sabe que el hierro (Fe) está presente en todos los suelos saludables (entre un 2 y 12% del peso del suelo), bajo la forma de minúsculos cristales de catión férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ). Su gran superficie y carga retienen fuertemente nutrientes como el fosfato, sulfato y muchos microelementos, y de esta manera el suelo evita la pérdida de minerales por lixiviación. El problema es que las plantas no pueden tomarlos bajo esta forma. El etileno tiene la capacidad de reducir el catión  $\text{Fe}^{+3}$  a ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ), lo que pone en solución los nutrientes retenidos. A su vez, el hierro ferroso permite desalojar otros nutrientes que están retenidos en las partículas coloidales (arcilla y humus), como ser: Ca, K, Mg y  $\text{NH}_4^+$ ; y, como todo esto ocurre en el micrositio, las plantas obtienen sus nutrientes justo donde los necesitan. Cuando se difunde nuevamente el oxígeno, los minerales no utilizados se reabsorben a los cristales férricos y a los coloides para evitar su pérdida por lixiviación (Harrison, op. cit.; Pinheiro Machado, op. cit.).

Pero los microbios del suelo no solo modulan la producción de etileno en el suelo, sino que también lo hace en las mismas plantas. Por ejemplo, Gamalero y Glick (2015) demostraron que existen microorganismos del suelo (simbiontes de plantas y pobladores de la rizósfera<sup>8</sup>) que producen la

---

8- Algunos microorganismos productores de ACC desaminasa son: *Pseudomonas sp*, *Cyberlindnera saturnus* (levadura), *Mesorhizobium spp*, *Rhizobium leguminosarum*

enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa. Cuando esta enzima está presente en la superficie de las raíces (rizosférica) o dentro de los tejidos vegetales (endofíticos) juega un papel activo en la modulación de los niveles de etileno en las plantas. Esta actividad enzimática facilita el crecimiento de las plantas, especialmente en presencia de diversas tensiones ambientales. Por lo tanto, las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas que expresan la actividad ACC desaminasa protegen a las plantas de la inhibición del crecimiento por inundaciones y anoxia, sequía, alto contenido de sal, la presencia de hongos y patógenos bacterianos, nematodos, y la presencia de metales y contaminantes orgánicos. También disminuyen la tasa de marchitamiento de las flores, promueven el enraizamiento de los esquejes y facilitan la nodulación de las leguminosas. Esto explica en parte por qué las plantas que crecen sobre un suelo sano son más resistentes a factores de estrés (bióticos y abióticos); es el poder de resiliencia natural dando tranquilidad a los productores agroecológicos.

Vemos que los *micrositios* del suelo son el corazón de las reacciones bioquímicas que ocurren entre las plantas vivas y los microorganismos. En estos pequeños lugares, el pH, la temperatura, la humedad y los niveles de nutrientes disponibles para las plantas son muy diferentes a los valores promedios del suelo reflejados en un análisis estándar de laboratorio. Es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea el tamaño de los agregados, menor será la proporción de micrositios y mayor también será el nivel de anaerobiosis. Si bien la anaerobiosis es vital para la producción de etileno, si no se produce de manera cíclica, como ya se describió, y se mantiene de manera constante, entonces las raíces no respiran inhibiendo su elongación y su permeabilidad al agua, el nitrógeno se gasifica y se desequilibra la absorción de nutrientes. Un agregado de 7 mm de diámetro tiene un 30% de su volumen en condición anaeróbica; uno de 35 mm tiene un 80% en anaerobiosis; además, cuanto mayor sea el tamaño de agregados, mayor proporción habrá de macroporos y menor de microporos, los cuales no estarán conectados en serie para la correcta difusión del aire. Por el contrario, un suelo con estructura migajosa o granular tiene un tamaño de agregados de 1 mm a 5 mm de diámetro (Gray y Williams, op. cit.), donde los

---

*bv viciae*, *Azospirillum spp.*, *Rhizobium spp.*, *Agrobacterium spp.*, *Achromobacter spp.*, *Burkholderia spp.*, *Ralstonia spp.*, *Pseudomonas spp.*, and *Enterobacter spp.*, entre otros.

poros que se forman tienen conexión entre sí y con la superficie del suelo. Esto facilita el ciclo del gas etileno en el suelo (y todos los beneficios que trae) y una mayor infiltración de agua.

En otras palabras, la estructura es el espacio físico donde ocurren todas las reacciones del suelo, por lo tanto, sin estructura no hay fertilidad. No perdamos de vista que no existe implemento agrícola que estructure el suelo, sino que todo implemento agrícola lo desestructura. La estructuración se obtiene gracias al trabajo en conjunto de la biocenosis del suelo (que veremos más adelante). De esta forma, la Naturaleza maneja su fertilidad y sanidad, sin la necesidad de arar, agregar insumos ni venenos; solo aprovechando al máximo la energía que fija la biomasa mediante el trabajo en conjunto de las comunidades del suelo.

## CAPÍTULO 5

# **MATERIA ORGÁNICA - CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO - GLOMALINA**

El mayor reservorio de carbono en el planeta es el suelo, conteniendo grandísimas cantidades en forma de Carbono Orgánico (COS). Se estima que la reserva de COS almacena 1.500 PgC<sup>9</sup> en el primer metro de suelo, lo cual supone más carbono que el contenido en la atmósfera (aproximadamente, 800 PgC) y la vegetación terrestre (500 PgC) combinados (FAO, 2017). El Carbono (C) es el principal componente de las plantas, de allí su importancia como nutriente; su ciclo permite que el flujo energético pase por los niveles tróficos que componen la naturaleza, es decir, el flujo energético está ligado al ciclo del C y viceversa. Este llega de la atmósfera al suelo gracias a los procesos fotosintéticos, exudación radicular, descomposición y transformación del material vegetal original, por acción de la biocenosis del suelo, a compuestos de C estables que se asocian a minerales y pueden ocluirse en los agregados del suelo (humus y complejos arcillo-húmicos), los cuales pueden permanecer allí durante milenios. La liberación a la atmósfera ocurre mediante la respiración de las plantas y de la vida del suelo y, en condiciones naturales, el C liberado siempre es inferior al C fijado, lo que significa un balance de carbono positivo (secuestro de C). Pueden ocurrir situaciones que hagan que este balance se revierta, es decir que se emita más C a la atmósfera del que se fijó como humus estable, por ejemplo, cuando se produce en el suelo condiciones anormales de aireación, generándose una oxidación excesiva del humus; o cuando el suelo se expone a la erosión, donde la MOS se pierde por arrastre, parte del C orgánico se disuelve en el agua y ambos llegan al océano conducido por arroyos y ríos. El arado produce estas dos condiciones al mismo tiempo. No es extraño, entonces, que especialistas

9- PgC significa Petagramos de Carbono. Y 1PgC equivale a 3,7 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (FAO, 2017).

en modelado afirman que el aumento de CO<sub>2</sub>, debido a la aradura/rastreo y la respectiva pérdida de CO<sub>2</sub> del suelo, hayan sido mayores que todo el petróleo quemado en los últimos 200 años (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016). Esto despertó mucho interés sobre el COS, debido a su repercusión sobre el calentamiento global, o, mejor dicho, debido a que es la única instancia del ciclo biogeoquímico del C donde se puede interferir sustancialmente para combatir el calentamiento global; ya que no basta con dejar de emitir C a la atmósfera, porque la concentración de C atmosférico es tal que, aun sin seguir aumentándola, alcanza para que el planeta se siga calentando (Kittredge, 2015). Esto hace necesario, también, quitar C del aire. Aquí es donde todo actor relacionado con el manejo del suelo (agrónomos, veterinarios, productores, técnicos agropecuarios, zootecnista, etc.) puede tomar conciencia y fomentar prácticas de manejo que produzca un balance de C positivo, por ejemplo:

- *Rotación de cultivos*: Boincean y Dent (2019) encontraron que la pérdida promedio anual de C del suelo es de 0,4 t/ha en un monocultivo de maíz o trigo, mientras que, bajo rotación de los mismos cultivos, la pérdida promedio anual de C se reduce a 0,27 t/ha, es decir, un 67,5% menos.
- *Siembra y plantío directo*: Pierzynski *et al.* (2007) encontraron una reducción de la erosión que oscila entre 50 a 90%, comparado con un manejo bajo labranza. Syswerda *et al.* (2014) demostraron una acumulación de C en el suelo significativamente mayor (en los tres primeros horizontes del suelo estudiado) bajo plantío directo, que con manejo convencional (labranza).
- *Abonos verdes*: La práctica de cubrir el suelo con plantas vivas resulta sumamente eficiente para fijar carbono, debido a que la misma superficie está prácticamente todo el año fotosintetizando (y, por lo tanto, recibiendo exudados), y al mismo tiempo el suelo se protege contra la erosión (ver Imagen N° 3 y 4). Por ejemplo, Veizaga y Alcocer (2005) encontraron una fijación anual neta de 0,8 y 1,6 t/ha de C, utilizando *Vicia villosa* como abono verde.

Imágenes N° 3 y 4: Superficie de cultivo en descanso destinada a la producción de hortalizas donde se trabaja el suelo con remoción mínima del borde de plantación (para agregar MO y renovar el plástico), y cobertura permanente de la entre línea con *Brachiaria* spp. Esta última funciona como cultivo de cobertura manteniéndose todo el año fotosintéticamente activa, aumentando el ingreso energético y, por lo tanto, el secuestro de C atmosférico (y su humificación) y demás ciclos biogeoquímicos.



Fuente: Empresa *La Selvita SRL*. (Colonia Santa Rosa, Salta, Argentina), 2019.

- *Combinación de las tres anteriores:* Se obtiene un resultado sinérgico reflejado en una reducción, según la cantidad de biomasa generada, entre el 50 al 100% de uso de insumo industrial (herbicidas, fungicidas, insecticidas, fertilizantes químicos) para las mismas cantidades de cosecha (ver Imagen N° 5).

Imagen N° 5: Siembra directa de soja sobre cobertura verde, en rotación con maíz. Esta práctica combina las otras anteriores, donde el abono verde, además de aumentar el ingreso energético y secuestro de C, aumenta la infiltración de agua de lluvia, evita su evaporación al cubrir el suelo, disminuye la amplitud térmica del suelo y la germinación de “malezas”.



Fuente: Grupo TIERE (Córdoba, Argentina), 2019.

Es importante aclarar que, si se incorpora el abono verde con arado, se produce una oxidación de la materia orgánica humificada, liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y lixiviación de nutrientes, además de destruir la valiosa estructura y aniquilar la biocenosis que permite el correcto funcionamiento del suelo<sup>10</sup>. Contrariamente, si el abono es cortado en verde y dejado en

---

10- Ver capítulo 9.

superficie (como se hace en *La Selvita SRL*. - Imagen N° 3 y 4) o volteado en verde sobre la superficie (Imagen N° 5), el  $\text{CO}_2$  que se produce por la respiración del suelo, al ser más pesado que el aire, se combina con suma facilidad con la humedad que genera la misma cobertura, formándose gas carbónico ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ ), de esta forma la emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera es casi nula. Además, este gas solubiliza minerales precipitados en el suelo, aumentando la fertilidad. Si el corte o volteo se hace en verde, significa que la lignina está en bajas cantidades, permitiendo a los microorganismos celulolíticos (que no pueden digerir lignina) funcionar con mayor facilidad, los cuales no solo capturan  $\text{CO}_2$  atmosférico para formar más  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , sino que, además, un gran número de bacterias celulolíticas son fijadoras de nitrógeno de vida libre<sup>11</sup> (Pinheiro Machado, 2016).

### **Materia Orgánica (MO)**

Está presente en el suelo bajo diferentes estados de degradación. A modo de resumen, podemos decir que la MO fresca (hojas, bosta, ramas, etc.) es transformada por acción de la biocenosis del suelo en MO lábil, la cual es muy inestable. Si su descomposición no es interrumpida, la MO lábil puede seguir procesándose hasta la obtención de MO humificada (humus o MO estable), la que se acompleja con las partículas del suelo permaneciendo en él durante milenios (más adelante veremos que esta vía de obtención de humus es la menos significativa). Se considera que la MO fresca tiene en promedio un 40% de C (Forján y Manso, 2016), por lo tanto, el C es el componente mayoritario de la MO del suelo (MOS).

Se sabe que para que se forme 1 gr de MO humificada en el suelo se necesitaron secuestrar 3,67 gr de  $\text{CO}_2$  atmosférico (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). Esto significa que aumentar el contenido de MO humificada en un 1% representa un aporte de 27.000 kg de MO/ha, o 99.090 kg de C/ha (Pinheiro Machado, op. cit.)<sup>12</sup>.

11- Las bacterias *Azotobacter* son un ejemplo de fijadores de nitrógeno de vida libre, cuya actividad se maximiza cuando en el suelo hay un aporte de hidratos de carbono, lo que se obtiene con mayor velocidad mediante la degradación de la celulosa libre, o con bajas proporciones de lignina. Además, estos microorganismos producen auxinas que estimulan el crecimiento vegetal (Gray y Williams, 1971).

12- Ver Tablas N° 4, 5, 6 (capítulo 6) y Gráfico N° 32 (capítulo 16), para apreciar el aumento de MO que se consigue con ganadería agroecológica y manejo sustentable en hortalizas.

## Glomalina

Es relativamente reciente el descubrimiento sobre la presencia en el suelo de una glucoproteína fúngica que solo es liberada por hongos micorrícicos en el suelo durante el recambio hifal y después de la muerte del hongo (Wright *et al.*, 2001). La glomalina generalmente contiene de 3 - 5% de N, **36 - 59% de C**, 4 - 6% de H, 33 - 49% de O, 0.03 - 0.1% de P y 2 - 5% de Fe. Al ser altamente resistente al calor, insoluble e hidrófoba, es el principal componente del suelo que permite una “agregación estable” a las partículas del mismo (Wu *et al.*, 2014). Es, según Wright y equipo (op. cit.), el pegamento primario del suelo que lo mantiene agregado.

Se ha determinado una correlación positiva entre el contenido de carbono en el suelo y el de glomalina y la estabilidad de los agregados (Wright *et al.*, op. cit.; Qiang-Sheng *et al.*, 2014; Nautiyal *et al.*, 2019). La relación positiva entre los contenidos de COS y de glomalina se debe a que el carbono líquido (aquel que ingresa al suelo mediante exudados radiculares) es el que se humifica con mayor facilidad (Jones, 2008), precisamente, gracias a que es tomado por las micorrizas y transformado en glomalina (cuyo componente mayoritario es el C). A su vez, la estabilidad de agregados es de vital importancia porque otorga a la estructura del suelo más resistencia, ya que, como vimos anteriormente, solo en un suelo estructurado es posible la estabilidad del equilibrio del suelo<sup>13</sup>. Es importante recordar que, la estructura es el espacio físico donde los demás componentes y reacciones del suelo actúan; por lo tanto, sin estructura no hay fertilidad, o, lo que es lo mismo, cuesta más caro mantener una planta bien nutrida.

Los hongos micorrícicos van renovando sus hifas constantemente, las hifas muertas son selladas y solidificadas por la glomalina que el mismo hongo produce, así forman conductos que transportan agua (Bioirrigación. Singh *et al.*, 2019) y nutrientes para las plantas.

En resumen, el COS, la MOS y la glomalina son inseparables, incluso sus funciones se confunden dentro del suelo; muchos beneficios de la MOS citados con anterioridad pueden deberse a la glomalina y viceversa. Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho (op. cit.) resumen todos los beneficios de la MO del suelo, resaltando lo anterior de la siguiente forma:

---

13- Ver capítulo 4.

... muchas propiedades atribuidas a la MO pueden estar más relacionadas a la Glomalina. De cualquier forma, lo que más nos interesa son esas propiedades:

- Poder esponja: elevadísima capacidad de absorción de agua (10 veces su propio peso). Esto disminuye los efectos erosivos del agua, ya que drena lentamente hacia manantiales, mantiene la T° (menor amplitud), alarga la oferta hídrica para una misma cantidad de lluvia.
- Poder de resiliencia: la MO actúa como una superficie elástica que atenúa los efectos del pisoteo.
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): de 10 a 30 veces superior al de la arcilla.
- Reservorio de C: si pudiéramos aumentar 1% la MO en los suelos del globo terrestre, el secuestro de CO<sub>2</sub> se reduciría a los niveles preindustriales.
- Fuente de minerales: además de N, P, K, Ca, Mg, S, contiene Cu, B, Zn, Mo, Mn y otros en cantidades y solubilidad según las necesidades de las plantas.
- Mejora la estructura: principalmente por la acción de la Glomalina.
- Corrige la acidez: sin ocasionar los daños de la cal al suelo (dispersión de coloides, aniquilación de MO).
- Catalizador de la Biocenosis: dijimos que, sin una provisión de sustrato y energía al suelo, no se puede mantener plena actividad de sus comunidades.

Con todo lo visto hasta ahora, se puede concluir que “el incremento y protección de la MO pasa a ser el primer paso hacia una agricultura –animal o vegetal- agroecológicamente correcta (sostenible). Así, las prácticas que reducen su contenido son predatoras de la naturaleza, tal como la agricultura industrial” (ibíd.).

CAPÍTULO 6

**TRANSMUTACIÓN BIOLÓGICA  
DE LOS ELEMENTOS Y CICLOS  
BIOGEOQUÍMICOS**

## Transmutación biológica de los elementos

*Los sistemas biológicos son una fuente de milagros que hemos tenido en el pasado y tendremos en el futuro.*

Vysotskii (2019).

En la Naturaleza ocurren fenómenos fascinantes que han despertado el interés de muchos científicos. Louis C. Kervran (en la década del 50) encontró que, las gallinas que eran alimentadas exclusivamente con avena descalcificada, pero con un elevado índice de potasio, no sufrían carencias de calcio ni en los huesos ni en los huevos. Luego extendió este experimento cuando eliminó del alimento también al potasio, además del calcio, observando que las gallinas seguían sin tener carencias de calcio en huevos y huesos, aunque estas sí aumentaban mucho su tendencia innata de tragar pequeñas piedras de cuarzo, que, como sabemos, son muy ricas en silicio. Cuando Kervran eliminó tal posibilidad de la dieta de las gallinas, entonces sí, los animales enfermaron de los huesos muy rápidamente y los huevos empezaron a tener la cáscara extremadamente blanda<sup>14</sup>. Kervran atribuyó estos hechos a un proceso de fusión o transformación entre elementos que llamó “transmutación biológica de los elementos” y, en este caso, se daba entre el silicio y el calcio ( $\text{Si}^{28} + \text{C}^{12} := \text{Ca}^{40}$ ).

---

14- Consultado (en línea) el 04/02/2021, en <https://artursala.wordpress.com/2012/07/12/la-alquimia-cientifica-o-la-quimica-nuclear-segunda-parte-kervran-y-las-pruebas-de-las-transmutaciones-en-biologia/>

Su teoría se basaba en la posibilidad de que ciertos elementos se fusionaran o combinaran para producir otros elementos, siempre y cuando la suma de los pesos atómicos de los fusionados sea igual al peso atómico del elemento resultante. Kervran propuso las siguientes transmutaciones:

$\text{Na}^{23} + \text{H}^1 \longrightarrow \text{Mg}^{24}$	$\text{Na}^{23} + \text{O}^{16} \longrightarrow \text{K}^{39}$	$\text{Mg}^{24} + \text{Li}^7 \longrightarrow \text{P}^{31}$
$\text{Na}^{23} \longrightarrow \text{Li}^7 + \text{O}^{16}$	$\text{K}^{39} + \text{H}^1 \longrightarrow \text{Ca}^{40}$	$\text{C}^{12} + \text{Li}^7 \longrightarrow \text{F}^{19}$
$\text{Mg}^{24} + \text{O}^{16} \longrightarrow \text{Ca}^{40}$	$\text{F}^{19} + \text{O}^{16} \longrightarrow \text{Cl}^{35}$	$2\text{O}^{16} - \text{H}^1 \longrightarrow \text{P}^{31}$
$\text{Cl}^{35} \longrightarrow \text{C}^{12} + \text{Na}^{23}$	$\text{Fe}^{19} - \text{H}^1 \longrightarrow \text{Mn}^{55}$	$\text{N}^{14} + \text{Mg}^{12} \longrightarrow \text{K}^{19}$
$\text{O}^{16} + \text{O}^{16} \longrightarrow \text{S}^{32}$	$2\text{N}^{14} + \text{C}^{12} \longrightarrow \text{O}^{16}$	$\text{P}^{31} + \text{H}^1 \longrightarrow \text{S}^{32}$
$\text{Si}^{38} + \text{C}^{12} \longrightarrow \text{Ca}^{40}$	$\text{Na}^{23} - \text{O}^{16} \longrightarrow \text{Li}^7$	

Fuente: Journal of Condensed Matter Nuclear Science. Experiments and Methods in Cold Fusion (Vol. 7), 2012.

Años más tarde (en los 60) encontró un aumento en la cantidad de Ca, de 5 veces más, entre el pollo descascarado y el huevo recién incubado, cuando no existió variación de Ca en la cáscara. A finales de los 60, Kervran trabajó ocho meses con un grupo de trabajadores petroleros del Sahara. Tenía la inmensa curiosidad de saber cómo, con bajos consumos de agua y altos consumos de sal, esos trabajadores no morían deshidratados bajo el calor intenso del desierto. Analizó la cantidad de K y Na ingerida y la excretada en orina y sudor, encontrando que se excretaba más K y menos Na del ingerido, concluyendo en que ocurría una producción endógena de K en detrimento del Na ( $\text{Na}^{23} + \text{O}^{16} =: \text{K}^{39}$ ). Él sabía que una reacción endógena eliminaba un promedio de 1860 kcal/día, lo que equivalía a 90mil kcal para 23 g de Na transmutado en K. Así, los trabajadores soportaban mejor el calor consumiendo más sal y poca agua.

En 1980, Kervran realizó un experimento con semillas de avena, analizadas mediante espectroscopía de masas. Observó una diferencia sustancial entre la composición mineral de la semilla y la composición de la plántula recién emergida bajo condiciones controladas:

Tabla N° 2: Variación en la cantidad de Fósforo y Calcio entre semillas y plántulas de *Avena sativa*

	Fósforo (mg)	Calcio (mg)
Semillas	485	76
Plántulas	310	115,5
Diferencia (mg)	-175	+39,5

Fuente: Journal of Condensed Matter Nuclear Science. Experiments and Methods in Cold Fusion (Vol. 7), op. cit.

Para corroborar estos resultados, el Laboratorio de la Sociedad Francesa de Agricultores realizó lo mismo, pero con semillas de rye-grass, encontrando:

Tabla N° 3: Variación en la cantidad de Magnesio y Potasio entre semillas y plántulas de *Rye-grass*

	Semillas	Plántulas	Diferencia (mg)	Diferencia (%)
Mg (mg)	13,34	3,2	-10,14	-335%
K (mg)	7,36	16,67	+9,31	+133%

Fuente: ibíd.

Estos trabajos sobre el K llamaron mucho la atención del investigador japonés Komaki, quien inició en los ochenta un trabajo en conjunto con Kervran, en la producción de K por transmutación de Na. Básicamente lo que hicieron fue cultivar distintas cepas de microorganismos en medios de cultivos carentes de K y ricos Na. Al evaluar las cantidades totales de K inicial con el K final, obtuvieron una diferencia (positiva) de 10 veces en la mayoría de los experimentos. Este investigador japonés siguió sus trabajos, a los que se le sumaron otros colegas compatriotas, donde siempre se obtuvo incremento de K a partir de Na y microorganismos.

Todos los estudios llevaron a las siguientes conclusiones:

- La transmutación es un hecho innegable.
- Se desconoce el proceso mediante el cual ocurre, hasta esa fecha se creía que era mediante baja energía (“Fusión Fría”).

- No ocurría en condiciones de esterilidad. Se necesitaba la presencia de células vivas (microbios).

Ahora bien, todo esto es necesario mencionar porque el Doctor en Agronomía Luiz Carlos Pinheiro Machado (2016) encontró en todos sus proyectos de ganadería agroecológica (PRV<sup>15</sup>) que la fertilidad del suelo aumentaba con el tiempo (ver Tablas N° 4, 5 y 6), aun cuando no se utilizaba ningún aporte externo de nutrientes y las cargas animales mínimamente triplicaban a las iniciales (en varios proyectos llegó a octuplicar). Bajo el paradigma convencional esto era imposible, ya que lo que la producción se lleva del sistema (energía y minerales) debe ser repuesto mediante insumos para contrarrestar los efectos de la Ley de Rendimientos Decrecientes, que actualmente se enseña en toda Facultad de Agronomía.

Tabla N° 4: Análisis comparativo de suelo, Proyecto “Alegría”

<b>PRV Proyecto Alegría, Taquara, RS.</b>			
Ítem	Año		Variación
	1959	1993	
MO (%)	0,19	1,5	789,5%
P (ppm)	0,96	16	1666,7%
K (ppm)	2,15	71	3302,3%

Fuente: Pinheiro Machado, 2016.

Tabla N° 5: Análisis comparativo de suelo, “Estación Experimental Escambray”

<b>PRV Estación Experimental de Escambray, Cuba.</b>				
Ítem	Período de tiempo			Variación
	Inicio	A los 6 meses	A los 18 meses	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (me-q/100g)	1,82	2,3	3,5	90,8%
K <sub>2</sub> O (me-q/100g)	14,31	20,3	20,32	42%
Ca (meq/100g)	8,73	7,7	8,01	-8,2%
MO (%)	2,2	2,9	3,6	63,3%

Fuente: ibíd.

15- El Pastoreo Racional Voisin es un manejo agroecológico de pasturas para la producción animal de cualquier tipo. Ver bibliografía de Pinheiro Machado (op. cit.).

Tabla N° 6: Análisis comparativo de suelo, Proyecto “Entre Ríos”

<b>PRV Entre Ríos, Argentina</b>			
Ítem	Año		Variación
	1992	1997	
MO (%)	4,6	6,3	38,3%
N total (%)	0,193	0,305	58%
P disponible (ppm)	17	38	124,7%
P total (ppm)	-	670	-
Ca (meq/100g)	19,4	16	-18%
Mg (meq/100g)	0,5	3,3	551,8%
K (meq/100g)	0,42	1,15	171,2%
CIC (meq/100g)	21,2	22,9	7,8%

Fuente: ibíd.

Pero el hecho mostraba otra cosa, a mayor producción se obtenía mayor fertilidad con el tiempo. ¿Cómo explicarlo? Pinheiro Machado encontró como única explicación la “Transmutación Biológica de los Elementos”, postulada por Kervran en la década del 60. Bajo la lógica de que el aumento de actividad microbiana proporcionaba las condiciones ideales para que esto ocurra.

En un inicio se hablaba de transmutación a baja energía, debido a que ocurría bajo condiciones muy diferentes a las que existen en reactores nucleares. Pero luego, con los aportes de Meliujin (1963), quien explicó que la cantidad de energía que emitía la transformación de 1 gr de sustancia era suficiente para calentar de 0°C a 100°C 200.000 litros de agua, se supuso que en realidad ocurría una “fusión con alta energía”. Y, en la actualidad, los estudios de Vysotskii (2019) y su equipo de trabajo demuestran no solo la transmutación como hecho irrefutable, sino, también, su explicación gracias a fluctuaciones de energía gigantescas, que pueden existir durante el tiempo suficiente para producir reacciones nucleares, que “ocurre automáticamente en pozos potenciales no estacionarios, que se forman durante la división celular, la replicación de ADN, en la entrada a los canales de iones de plasma y en otros lugares de objetos en crecimiento” (ibíd.); concordando así con la lógica energética de Meliujin (postulada hace 60 años).

Sin embargo, debido a la aún escasa evidencia científica, no podemos concluir de manera contundente respecto a las tramutaciones biológicas. Pero tampoco podemos dejar de mencionar este tema, porque quizá es uno de los tantos mecanismos (aún poco estudiados) mediante los cuales la Naturaleza logra recuperar el equilibrio que las malas prácticas agrícolas destruyeron. Nos gustaría mencionar, también, que al devolver las condiciones al suelo para que su vida se desarrolle incrementa su capacidad de exploración, para bombeo de agua y nutrientes desde capas profundas que (a causa de un pie de arado y el mono cultivo) el sistema no lograba alcanzar, lo que también contribuye a que la fertilidad del suelo aumente sin el agregado de fertilizantes externos.

Por lo visto hasta aquí, solo podemos volver a decir que *la única forma de producir en cantidad sin degradar es estimulando y protegiendo la vida del suelo, conservando y aumentando (en caso de suelos degradados) el nivel de materia orgánica del suelo.*

## **Ciclos Biogeoquímicos**

Los Ciclos Biogeoquímicos, básicamente, se refieren a la recirculación de materia o minerales (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Se, I, Bo, Cu, H<sub>2</sub>O, etc.) que ocurre entre los seres vivos y su ambiente; donde los productos del metabolismo y las excreciones pasan a servir de alimento para otros organismos, iniciando esta red con los productores primarios. Existe en la Tierra una reserva mineral infinita (en términos humanos), que está en continuo movimiento y transformación gracias al trabajo de la vida estimulada por la energía captada por las plantas. Flujo de energía y ciclo de nutrientes son procesos inseparables, cuanto mayor sea la eficiencia de uno, repercute directa y proporcionalmente sobre la eficiencia del otro.

Así, como todo mineral inicia su ciclo con las plantas y otros organismos fotosintéticos (algas, bacterias, etc.), todo mineral lo culmina con la muerte del microorganismo que lo liberó bajo su “forma inicial”. Por tanto, estimular la fotosíntesis significa estimular la vida del suelo, y esto se traduce a mayores tasas de reciclado y disponibilidad de nutrientes, lo que resulta esencial para la producción de alimentos en cantidad y calidad. La dotación de cantidades continuas de minerales depende de la capacidad de la biocenosis de adquirir nuevas fuentes a partir de la roca madre, que actúa, desde abajo, como fuente infinita (en términos humanos) de nutrientes. La capacidad de la biocenosis de trabajar correctamente depende, a su vez, de la disponibilidad de alimento y energía (MO), además de la temperatura, estructura, humedad, inocuidad y grado de perturbación del suelo.

Coincidimos con lo que Larcher (1977) dice sobre estos ciclos: “A través del complejo intercambio biogeoquímico de materiales se convierte el ecosistema en un sistema abierto”. Y asumida esta verdad, también tomamos las palabras de Artur Sala (2012) para completar la definición:

La segunda ley de la termodinámica solo aplica a sistemas cerrados y en equilibrio. Ambas cosas, son imposibles de producir en el universo, ya que todos los sistemas son abiertos y el equilibrio termodinámico perfecto es imposible. Y, sobre todo, cuando aparece La Vida de por medio, nada de lo que se pueda explicar con las herramientas de la ciencia convencional posee ya sentido alguno. La Vida es un proceso que constantemente desafía todas nuestras leyes conocidas, que pone

orden en el caos como también hacen las transmutaciones, y para ello, debemos de encontrar esas “otras leyes ocultas” que gobiernan estos procesos<sup>16</sup>.

Bajo estos conceptos, la MOS cumple un papel fundamental para la producción agroecológica a escala, no solo por su aporte de energía y minerales reciclados (y todos los beneficios que ya mencionamos), sino como catalizadora de la vida del suelo. Entonces, nuevamente mencionamos que el incremento y protección de la MOS pasa a ser el primer paso hacia una agricultura -animal o vegetal- agroecológicamente correcta (sostenible). Así, las prácticas que reducen su contenido son predadoras de la naturaleza (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.).

De esta forma, Pinheiro Machado en el 2004 (citado en ibíd.) enunció la Ley de la Fertilidad Creciente: “La Fertilidad del Suelo, cuando se lo maneja sin agresión (laboreo, químicos, etc.) y con técnicas que estimulen la biocenosis (vida del suelo), es *creciente* y va a límites aún no identificados”. El mismo autor afirma, como corolario de esta ley: “la reestructuración y el incremento de la vida del suelo son la forma para aumentar su fertilidad y que la sucesión animal-vegetal es el método más eficiente para lograrlo”.

---

16- Consultado y extraído (en línea) el 04/02/2021, en <https://artursala.wordpress.com/2012/07/12/la-alquimia-cientifica-o-la-quimica-nuclear-segunda-parte-kervran-y-las-pruebas-de-las-transmutaciones-en-biologia/>

CAPÍTULO 7

# **TROFOBIOISIS**

La palabra “Trofobiosis” deriva del griego, de *Trophos* (alimento), *bio* (vida) y *osis* (acción, movimiento o desarrollo). Se podría decir que es la expresión de la vida a través de la alimentación. Fue Francis Chaboussou quien publicó, en 1980, la Teoría de la Trofobiosis en su libro *Las Plantas Enfermas por el uso de Pesticidas* (traducido del francés *Les Plantes Malades des Pesticides*), y donde demostró en forma muy consistente que el mayor o menor grado de ataque de parásitos (insectos, ácaros, nematodos, virus, bacterias, hongos) depende del mayor o menor equilibrio metabólico de la planta. Si bien Chaboussou se basó fuertemente en el efecto nutricional sobre el equilibrio metabólico, no dejó de lado que cualquier otro factor que afecte el metabolismo de la planta afectará su resistencia a parásitos; dando como ejemplo numerosos factores, como los siguientes:

- Efecto de los agroquímicos (insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes).
- Efecto de la latitud (por diferencia en horas de luz).
- Efecto del agua y cualquier otro tipo de estrés abiótico.

Asimismo, se opuso a los genes de resistencia, ya que él menciona que “los genes son solo un factor que gobierna el metabolismo” (pág. 79); así, muchas veces podemos crear plantas con genes de resistencia, pero si los demás factores no son los óptimos para la expresión de dicho gen, la resistencia se rompe. Además, hasta esa época no se había demostrado de forma consistente que las plantas tienen mecanismos de defensa activos; y lo que se sabía sobre producción de agentes defensivos tóxicos para las plagas era muy disperso y muchas veces contradictorio.

Francis resumió el metabolismo de las plantas bajo la relación proteosíntesis/proteólisis. Si bien la síntesis de proteínas es solo una parte del metabolismo, todas las demás reacciones bioquímicas de la planta (de los seres vivos en general) tienen relación directa con esta, por lo que, si alguna de ellas funciona ineficientemente, la proteosíntesis deja de dominar y la proteólisis toma las riendas del metabolismo vegetal. No olvidemos que la esencia de la vida de la Tierra se basa en la diversidad de funciones de las células, siendo las proteínas el corazón de las funciones celulares. Por algo son las macromoléculas más abundantes de una célula (animal o vegetal); las proteínas son el producto final de los genes (Klug *et al.*, 2006).

La proteólisis, o la ineficiencia proteosintética, lleva a la acumulación, en la savia de las plantas, de sustancias simples y solubles de fácil asimilación para las plagas en general. Así, Chaboussou concluye: “La planta, o más precisamente el órgano, será atacada solo en la medida en que su estado bioquímico, determinado por la naturaleza y concentración de sustancias nutricionales solubles, corresponda a los requisitos tróficos (alimenticios) del parásito en cuestión” (1960).

Para entender mejor esto, es necesario adentrarnos un poco en la fisiología de los insectos.

### **Fisiología de insectos**

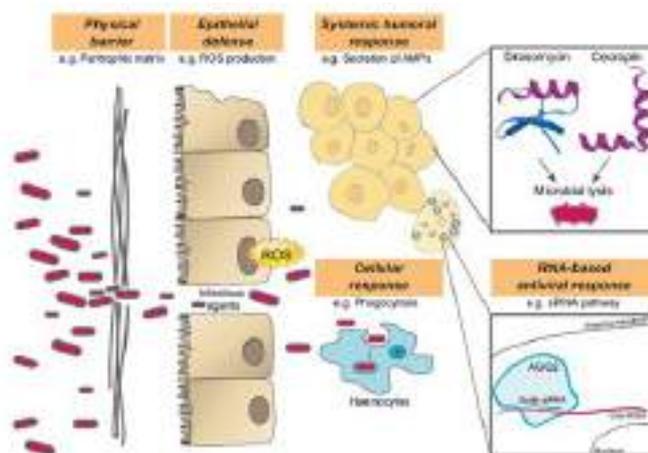
Los insectos están constituidos prácticamente por proteínas (en más del 80% de su cuerpo). La mayoría de las funciones metabólicas del insecto depende de las enzimas (proteínas). Por ejemplo:

- La *Cutícula* del insecto, compuesta principalmente por proteínas, es inextensible; esto quiere decir que, para que el insecto pueda crecer, es necesario que tenga la capacidad de reemplazarla por una más grande (muda o ecdisis). Si bien parte de estas proteínas se recicla, el insecto necesita producir enzimas para digerirlas y, nuevamente, enzimas para reconstruirlas además de sintetizar nuevos aminoácidos a partir del alimento que ingiere, para lo que necesita enzimas no solo para dicha síntesis, sino primeramente para la digestión de las proteínas vegetales. La cutícula del intestino anterior y posterior también debe reemplazarse; y, en el

caso del intestino medio, existe una membrana peritrófica que lo recubre, la cual se renueva constantemente y está compuesta por mucoproteínas. En algunos insectos puede haber una secreción de membrana peritrófica a un ritmo de 6 mm/hr, que sirve como protección contra materiales abrasivos (Wigglesworth, 1982); además, esta evita el contacto directo de microbios con las células epiteliales del intestino medio y limita la acción de sustancias microbianas tóxicas<sup>17</sup> (ver Esquema N° 2) (Paro e Imler, 2016).

- El *Sistema Inmunológico* de los insectos está constituido por células (hemocitos) y proteínas inmunológicas (péptidos y enzimas antibióticas) (Vargas-Albores y Ortega-Rubio, 1994; Welchman, 2009; Tsakas y Marmaras, 2010; Ravi *et al.*, 2011; Paro e Imler, op. cit.; Jung *et al.*, 2019). La cutícula no solamente es una barrera física para los entomopatógenos, sino que además tiene una función activa al depositarse en su superficie proteasas y peptidasas antifúngicas (Téllez-Jurado *et al.*, 2006)<sup>18</sup>.

Esquema N° 2: Resumen de las diferentes facetas de la Inmunidad a los insectos



Nota: ROS: especies reactivas de oxígeno con efecto antimicrobiano (su fabricación es dependiente de las enzimas dual oxidasa). AMPs: péptidos antimicrobianos.

Fuente: Paro e Imler, op. cit.

17- Revisar modo de acción del entomopatógeno *Bacillus spp.*

18- El Esquema N° 2 sintetiza el sistema inmune de los insectos.

- La *Capacidad Reproductiva* de los insectos depende de su capacidad en adquirir los nutrientes necesarios para dejar descendencia fuerte, es decir, cuanto mejor sea la nutrición del insecto, mayor será la calidad de los ovocitos y espermatozoides, lo que se traduce a mayor fecundidad. Serán también mayores las cantidades de sustancias de reserva en huevos (vitelogenina: proteína de reserva del huevo) y pupas, lo que repercute en la resistencia de estas estructuras y en el vigor de la descendencia. Vimos que la capacidad del insecto para nutrirse depende de su capacidad enzimática para digerir y metabolizar los alimentos. En este caso, cuantos más impedimentos alimenticios encuentre el insecto, menor será su capacidad reproductiva (nunca alcanzará su potencial biótico). Por ejemplo, una hembra, que se alimenta sobre una planta que no le proporciona los nutrientes necesarios, puede modificar su comportamiento de ovoposición poniendo muy pocos huevos sobre esa planta, o también puede reducir la transferencia de sustancias nutritivas hacia los huevos; y, en casos extremos, los huevos o embriones pueden ser incluso reabsorbidos para proporcionar nutrientes a la madre y permitir su supervivencia. Otras consecuencias pueden ser: menos depósitos de sustancias secundarias al oviponer (sustancias protectoras, antidesecantes o adhesivas), aumentando la vulnerabilidad de los huevos hacia los “enemigos naturales”. Una deficiencia nutricional en machos también afecta la fertilidad y, por lo tanto, la viabilidad de los huevos (Awmack y Leather, 2012; Leather *et al.*, 2016).
- La *Absorción de Nutrientes*, por parte del insecto, se realiza principalmente en el intestino medio (ver Esquema N<sup>o</sup> 3) y tiene posibilidad únicamente por sustancia solubles, ya que no existe fagocitosis de alimentos por parte de las células del intestino, necesariamente todos los productos de la digestión deben ser absorbidos en solución (Wigglesworth, op. cit. Dixon, 2012). Para que los alimentos sean solubles necesitan ser atacados enzimáticamente. Las enzimas proteasas son entonces claves para aprovechar las proteínas vegetales. Estas pueden

ser atacadas por proteínas Inhibidoras de Proteasas (IP)<sup>19</sup> que produce la planta (si está en condiciones de hacerlo, es decir, en proteosíntesis dominante). De esta forma, el insecto se ve obligado a reaccionar para que su desempeño no se vea limitado, así es como, evolutivamente, los insectos desarrollaron tres tipos de respuesta:

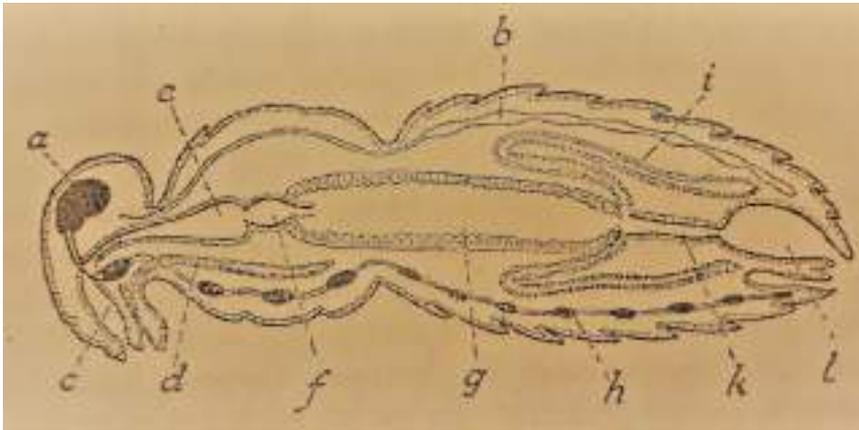
- a) Sobreproducción de proteasas digestivas.
- b) Aumento de la expresión de las isoformas de la proteasa insensibles al inhibidor (IP).
- c) Activación de enzimas que hidrolizan las IP de la planta (Zhu-Salzman y Zeng, 2014).

Estas respuestas tienen un costo energético extra (para sintetizar proteínas extras), energía que deja de destinarse para otras funciones (inmunidad, reproducción, etc.).

La velocidad de absorción de nutrientes está relacionada directamente con la velocidad de vaciado del buche (ver Esquema N° 3) y este, a su vez, se relaciona inversamente con la presión osmótica de la solución: a mayor concentración de solutos, mayor retención en el buche o, que es lo mismo, menor tasa de vaciado. El vaciado del buche ocasiona en el insecto la necesidad de seguir ingiriendo comida: sensación de hambre (Wigglesworth, op. cit.). Si el buche permanece lleno por más tiempo, el insecto tiene sensación de saciedad y deja de alimentarse por más tiempo. La mayor concentración de solutos en el buche depende del contenido de Materia Seca (MS) del alimento que consume el insecto y de la composición bioquímica del mismo: a mayor MS compuesta por moléculas complejas, mayor será el tiempo de retención en el buche y mayor la demanda enzimática para la digestión, lo que produce que la tasa de absorción de nutrientes sea menor al igual que la cantidad de alimento ingerido. Todo esto se traduce a menor defoliación (o daños) en la planta, menor capacidad inmunológica y menor capacidad reproductiva (menor fecundidad) del insecto.

19- La biotecnología ha logrado obtener cultivares genéticamente modificados para una mayor producción de IP. Muchas veces los insectos lograron superar estas barreras tecnológicas de alta genética, gracias a las tres respuestas que se mencionan después, las cuales se optimizan cuando las plantas no tienen las condiciones ideales para su correcta expresión génica, resultando en una acumulación en savia de sustancias nitrogenadas de fácil asimilación para el insecto.

Esquema N° 3: Sistema Digestivo de un insecto tipo



Nota: **a**, cerebro; **b**, corazón; **c**, faringe; **d**, glándula salival; **e**, buche; **f**, proventrículo; **g**, intestino medio; **h**, cordón nervioso ventral; **i**, tubos de Malpighian; **k**, intestino posterior; **l**, recto.

Fuente: *ibíd.*

*Las cosechas producidas agroecológicamente contienen una cantidad superior de MS comparada con los productos convencionales (Restrepo y Pinheiro, 2009; Lairon, 2010).*

Esta afirmación, después de haber visto los pilares anteriores, es fácil de concluir, debido a la no utilización de sales fertilizantes y a la fertilidad equilibrada que proporciona el suelo a través de la materia orgánica y la biocenosis del suelo. La calidad de los productos agroecológicos es insuperable, es la calidad con la que los primeros seres humanos se nutrieron a través de los frutos recolectados y los animales cazados; es, también, la calidad nutricional que la tierra le proporcionó al ser humano en los primeros 10.000 años de agricultura, y es la calidad que dejamos de percibir en los últimos 60 años de Revolución verde.

Como vimos, cualquier impedimento alimenticio genera un freno en los fitófagos de cualquier tipo. Esto explica la Teoría de la "Trofobiosis" de Chaboussou: plantas u órganos de plantas que tienen en su savia moléculas complejas de difícil digestión (proteosíntesis dominante) son un impedimento a la aparición de plagas.

Ahora, aproximadamente 30 años después, se suma a la causa un descubrimiento sobre las plantas que tiene que ver con su Sistema Defensivo, mediante el cual las plantas otorgan otro impedimento alimenticio. Así, los parásitos encuentran dos barreras nutricionales:

1. *Plantas en proteosíntesis dominante:* con cantidades óptimas de MS, compuesta por moléculas complejas.
2. *Plantas con su Sistema de Defensa funcionando correctamente.*

Estas dos condiciones se dan al mismo tiempo en plantas que crecen en equilibrio metabólico; de hecho, la segunda condición depende de la primera, son inseparables. Pero, antes de entrar un poco en detalle sobre el Sistema Defensivo de las plantas, es necesario mencionar una capacidad de vital importancia que tienen los insectos para evadir las barreras nutricionales.

### **Percepción Sensorial de los insectos**

Vimos de forma resumida las altísimas exigencias proteínicas de los insectos, por lo que requieren de mucho nitrógeno para sintetizarlas. Sin embargo, la composición nitrogenada de las plantas (2,1 a 7%) es muy inferior a la de los insectos (10 a 14%), de modo que su crecimiento y éxito reproductivo va a depender en gran medida de la capacidad del insecto para ingerir, digerir y convertir el nitrógeno de la planta de manera eficiente y rápida (Bell y Cardé, 1984). El problema es que la capacidad para fabricar las enzimas necesarias para todo su funcionamiento es algo limitada debido al altísimo costo energético que demanda tal producción (Salisbury y Ross, 1992). Esto nos haría pensar que, en condiciones normales, los insectos solo podrían cubrir con lo necesario para cumplir su ciclo o quizás ni siquiera llegar a hacerlo si algún factor climático, por ejemplo, estuviera jugando en contra. Pero bajo ningún punto de vista podrían llegar los artrópodos a crecer explosivamente para ser considerados plagas. A pesar de esto, comparado con el plasma de un mamífero normal, el contenido de nitrógeno no proteico en la hemolinfa del insecto es 50% superior (Wigglesworth, op. cit.). Esto deja pendiente el siguiente “misterio”:

¿Cómo hacen los insectos con altísimas exigencias nitrogenadas y modesta capacidad enzimática para alimentarse de plantas con bajas cantidades de este elemento, y aun así tener más N en “sangre” que los mamíferos?

La única forma de explicarlo es mediante el uso de su capacidad sensorial para detectar las plantas desequilibradas, que, como vimos, son las que acumulan formas nitrogenadas no proteicas en su savia y, como veremos, tienen su sistema de defensa reprimido. Esto los llevó evolutivamente a desarrollar una capacidad sensorial superior al de otros organismos superiores. Los insectos son unos de los animales que poseen el mejor y más sofisticado sistema de órganos sensoriales (Montés, 2013). Sus cuerpos están vestidos de sensilias y otros apéndices y órganos sensitivos que les permiten detectar lo que para nosotros es imposible, nosotros requeriríamos de análisis de laboratorios para conseguir lo que ellos obtienen con sus sentidos. Las feromonas, imperceptibles para el ser humano, son un ejemplo claro de esta capacidad, ya que atraen a insectos desde muy lejos a concentraciones realmente bajas. La capacidad de una mariposa para detectar azúcares en una solución es 200 veces superior a la de un ser humano (Wigglesworth, op. cit.). Tal es esta capacidad sensorial que muchos insectos hembras son capaces de evaluar la calidad nutricional de las plantas antes de oviponer, para hacerlo sobre aquellas que proporcionen una nutrición más adecuada a su descendencia; de hecho, puede incluso ajustar la cantidad de huevos a poner de acuerdo a la calidad del huésped (Leather *et al.*, op. cit.). Un ejemplo clásico es el de la avispa *Sirex noctilio* cuya hembra detecta los pinos (*Pinus spp.*) debilitados para oviponer preferencialmente en ellos (Quintana de Quinteros, 2002). Otro ejemplo aún más claro, que demuestra la capacidad de detectar la calidad nutricional de su hospedero, son los pulgones. Muchas especies de áfidos poseen dos hospederos, más de una forma fenotípica (áptera y alada), dos tipos de reproducción (sexual y asexual) y dos de multiplicación (ovípara y vivípara). Las formas ápteras nacen de huevos de invierno y se desarrollan en sus plantas hospedantes primarias (generalmente leñosas, en plena brotación). Como el contenido de aminoácidos del huésped primario disminuye a medida que las hojas maduran, se producen

hembras migratorias (aladas<sup>20</sup>) y se dispersan a los huéspedes secundarios (generalmente herbáceos) donde se reproducen asexualmente durante varias generaciones hasta que la calidad del huésped secundario disminuye. La disminución de la calidad del huésped secundario coincide con una mayor disponibilidad de nitrógeno en el huésped primario. Se produce una segunda forma migratoria que vuelve al hospedero primario y da lugar a individuos con reproducción sexual que se aparean y ponen huevos que eclosionan el año siguiente (Awmack y Leather, op. cit.). Esta capacidad de los pulgones explicaría cómo insectos tan blandos, lentos y susceptibles a una enorme diversidad de enemigos naturales sobreviven en la naturaleza. Tal capacidad de percibir las formas nitrogenadas de fácil asimilación explicaría la enorme cantidad de estudios que demostraron la mayor susceptibilidad hacia plagas de plantas fertilizadas con amonio y/o nitrato, y, en consecuencia, el aumento sustancial del potencial biótico de los insectos que se alimentan de estas plantas (Chaboussou, 1980). Además, aumenta su resistencia a enfermedades, lo que queda bien reflejado en el trabajo de Carrizo (2016), quien mencionó que las larvas del lepidóptero *Spodoptera spp.* que se alimentaban de plantas de maíz producido convencionalmente (utilizando fertilizantes químicos y pesticidas) eran resistentes a *Bacillus spp.*, mientras que las larvas de la misma especie de mariposa que se alimentaban de plantas de maíz producido “agroecológicamente” mostraron alta susceptibilidad al entomopatógeno.

A pesar de que los primeros estudios sobre la producción de ultrasonido, por parte de las plantas, se hicieron en los 80 (Peña y Gracia, 1986; Borghetti *et al.*, 1989), recién a fines del 2019 se publicaron en las redes informativas como “un nuevo descubrimiento” (Diario *La Nación*, 16 de diciembre de 2019). Es sabido que las plantas estresadas emiten ultrasonidos con mayor frecuencia que plantas no estresadas (ver Peña y García, op. cit. y Borghetti *et al.*, op. cit.). Es sabido, también, que los insectos tienen una capacidad sustancial de detectar el ultrasonido (Wigglesworth, op. cit.; Greenfield, 2016), no extraña entonces que, después de haber

---

20- La reproducción sexual y la producción de individuos alados inicia por deficiencia de nitrógeno en la dieta (Wigglesworth, 1982). Resulta ser el indicador para migrar hacia otro huésped.

entendido las *consecuencias del estrés sobre el metabolismo de las plantas*<sup>21</sup>, los insectos se sientan más atraídos hacia estas y las localicen con suma facilidad.

### **Percepción Sensorial y Defensas de las plantas**

Las plantas nos parecen seres vulnerables debido a su incapacidad de moverse y defenderse por sí solas de los distintos agentes ambientales. O, por lo menos, eso es lo que se entiende al finalizar la carrera de agronomía, donde asumimos el rol de “protectores de plantas” mediante la declaración de guerra a sus distintas plagas. Acaso, *¿olvidamos que las plantas estuvieron en continua interacción con diversos fitófagos desde mucho antes que nosotros apareciéramos para “protegerlas”?* Deberíamos aprender más sobre evolución antes de declararle la guerra a un ser vivo.

Los seres humanos necesariamente vemos a todos los seres vivos a través de la lente de nuestra propia experiencia, este sesgo conceptual inevitable ha sido una fuente frecuente de confusión en biología. Da lugar a la antropomorfización de especies no humanas, con consecuencias a veces desafortunadas. Pero también puede llevarnos a pasar por alto las similitudes subyacentes entre los humanos y otros organismos, cuyas formas de vida pueden parecer a primera vista completamente diferentes de las nuestras. No es sorprendente que ambos tipos de error hayan sido ampliamente representados en el estudio de las plantas, y quizás en ninguna otra parte más que en relación con las capacidades sensoriales y perceptivas de las plantas (Mescher y De Moraes, 2015).

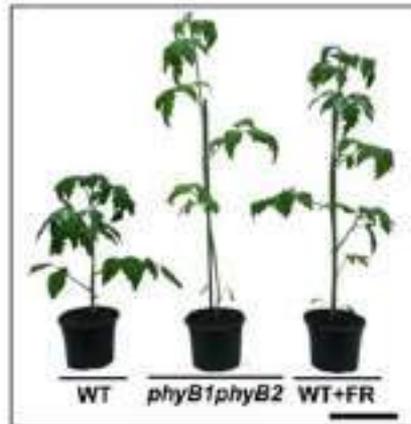
Las plantas responden a la variabilidad ambiental en gran medida a través de la plasticidad en el crecimiento y el desarrollo, y con frecuencia exhiben plasticidad en su morfología y fisiología muy superior a la que típicamente exhiben los animales. Dicha adaptabilidad depende de la capacidad de detectar o anticipar cambios en las condiciones ambientales y responder en consecuencia (ibíd.; Mancuso y Viola, 2015). Podemos

---

21- Acumulación de compuestos nitrogenados de fácil asimilación para el insecto, y reducida capacidad defensiva de la planta.

mencionar la capacidad de las plantas de reaccionar frente a la competencia por luz, mostrando dos patrones distintos de crecimiento según esté bajo sombra o bajo luz directa (ver Imagen N° 6) (Cortés *et al.*, 2016). Podemos mencionar también la orientación del crecimiento radicular frente a la humedad del suelo (ver Imagen N° 7).

Imagen N° 6: Plantas de tomate



Nota: WT: planta creciendo bajo luz directa. *phyB1phyB2* y WT+FR: plantas que crecieron bajo condiciones de sombreo o baja radiación solar. Estas últimas reaccionaron con un crecimiento en altura más acelerado en busca de luz.

Fuente: *ibíd*

Imagen N° 7: “Raíces en bigote” (curvadas hacia arriba) de una planta de vid<sup>22</sup>



Fuente: Material recepcionado por el Laboratorio de Zoología Agrícola de la FCA-UNJu, 2019.

Además de reaccionar frente a factores abióticos, las plantas pueden percibir y reaccionar frente a factores bióticos, por ejemplo, Bown *et al.* (2002 citado en Mescher y De Moraes, op. cit.) informaron que los “pasos” de las orugas que se arrastran sobre las hojas de las plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) y de soja (*Glycine max*) provocaron el rápido despliegue de mecanismos de defensa. En tomate (*Solanum lycopersicum*), Peiffer *et al.* (2009 citado en *ibíd.*) demostraron que la ruptura de tricomas glandulares foliares realizada por orugas o polillas indujo la expresión de transcripciones de defensa (por ejemplo, el inhibidor de proteasas) regulada por el ácido jasmónico. La secreción de compuestos pegajosos para la oviposición podría desempeñar un papel sensorial en la detección temprana de herbívoros en las hojas de las plantas (Kim *et al.*, 2011 citado en *ibíd.*). Se ha informado una amplia gama de respuestas de las plantas al depósito de huevos de los herbívoros, incluidas las respuestas de hipersensibilidad, la producción

---

22- Tal crecimiento anormal se debe a la respuesta de la planta frente a un riego inadecuado, en este caso por riego excesivo, produciéndose lo mismo con un riego deficiente donde el agua no penetra lo suficiente en el perfil del suelo.

de químicos ovicidas, el desarrollo de neoplasias (endurecimiento de los tejidos) y los cambios en los olores de las plantas o la química de la superficie de las hojas que atraen al huevo de depredadores o parasitoides (Hilker y Meiners, 2011 citado en *ibíd.*). Por ejemplo, el cianuro de bencilo es un inductor presente en las secreciones glandulares accesorias depositadas con los huevos de la mariposa blanca del repollo (*Pieris brassicae*). La aplicación de este compuesto a las hojas de las coles de brúselas (*Brassica oleracea*) induce cambios transcripcionales similares a los observados en respuesta a la deposición de huevos, y se cree que estos cambios en la expresión génica median cambios en la química de la superficie de la hoja mejorando la intensidad y la tasa de éxito de parasitoides de huevo (Fatouros *et al.*, 2008 citado en *ibíd.*).

Los volátiles de plantas inducidos por herbívoros con frecuencia provocan la mejora de las defensas antiherbívoros en las plantas vecinas. Por ejemplo, Karban *et al.* (2003 citado en *ibíd.*) informaron que las plantas silvestres de tabaco, *Nicotiana attenuata*, que crecen cerca de plantas dañadas de *Artemisia tridentata*, sufrieron significativamente menos daño por herbívoros que las plantas que crecieron cerca de plantas de *Artemisia tridentata* sin cortar, además documentaron una mayor producción de compuestos relacionados con la defensa en las plantas receptoras. Esta señalización de advertencia puede ocurrir en el subsuelo gracias a una red de micorrizas que conecta plantas vecinas, por ejemplo, Song y equipo (2010), trabajando con plantas de tomate, demostraron que las plantas sanas “receptoras” activan los genes relacionados con la defensa regulados por el ácido jasmónico cuando las plantas vecinas “donantes”, conectadas a través de una red de micorriza común en el suelo, son infectadas por el patógeno foliar *Alternaria solani*. De acuerdo con este hallazgo, las plantas pueden “escuchar a escondidas” las señales de los vecinos con problemas de patógenos para activar las defensas antes de ser atacadas (*ibíd.*), siempre y cuando esa red de micorrizas tenga las condiciones necesarias para su normal crecimiento.

De la misma forma, las feromonas de insectos herbívoros pueden ser percibidas por las plantas y despertar su sistema de defensa. Por ejemplo, las plantas de vara de oro (*Solidago altissima*) expuestas a la feromona sexual de un herbívoro especializado, la mosca *Eurosta solidaginis*, exhibieron

una inducción más fuerte del ácido jasmónico, junto con una inducción más fuerte de volátiles asociados al daño, que las plantas no expuestas; y también sufrieron menos herbivoría en ensayos de laboratorio y de campo (Mescher y De Moraes, op. cit.).

Cada vez es más claro que las plantas monitorean activamente un flujo continuo de información sensorial desde sus entornos y responden de manera que influyen profundamente en sus interacciones con otros organismos (ibíd.).

Podemos resumir entonces que las plantas perciben mucho más de lo que imaginamos, y, más aún, responden con distintos mecanismos de defensa contra fitófagos de cualquier tipo. Estas defensas pueden denominarse como Defensa Directa e Indirecta:

#### *Defensa Directa*

- Defensa Directa Constitutiva: propia de la estructura y composición de la planta, como, por ejemplo, pubescencia, cerosidad, presencia de moléculas repelentes (volátiles) o tóxicas para el insecto que se almacena en las células del tejido vegetal como inhibidores preformados (saponinas, alcaloides, proteínas antifúngicas, enzimas antialimentarias o inhibitorias). Defensa también denominada como Antibiosis (Duffey y Felton, 1991; Stange *et al.*, 2007).
- Defensa Directa Inducida: es un tipo de defensa que la planta tiene en sus genes, pero que se “despierta” por algún estímulo, generalmente producido por el ataque mismo del fitófago o por percepción de su presencia como el simple caminar del insecto, oviposición, volátiles del insecto o plantas vecinas atacadas (Bonaventure, 2012; Zhu-Salzman y Zeng, 2014; Mescher y De Moraes, op. cit.). La percepción de moléculas características del fitófago simula al sistema inmunológico de mamíferos (Duffey y Felton, op. cit.; Ordeñana, 2002; Stange *et al.*, op. cit. Tameling *et al.*, 2008. Ojito-Ramos y Portal, 2010. Bonaventure, op. cit. Pieterse *et al.* 2012; Zhu-Salzman y Zeng, 2015). Una de las respuestas

más estudiadas contra fitófagos es la producción de Proteínas Inhibidoras de Proteasas de Insectos (Zhu-Salzman y Zeng, 2014), que actúa dificultando la digestión, entorpeciendo así todo el metabolismo del insecto (crecimiento, acumulación de reservas, inmunidad, reproducción).

### *Defensa Indirecta*

- Consiste en el reclutamiento o atracción de “enemigos naturales” mediante la producción de volátiles y/o néctar (Pieterse *et al*, op. cit. Mescher y De Moraes, op. cit.; Cortés *et al.*, op. cit.). Este tipo de defensa puede potenciarse cuando la Defensa Directa falla debido a una competencia por asignación de recursos. Por ejemplo, cuando las plantas se ven obligadas a crecer rápido en búsqueda de luz, gran parte de los recursos se destinan a este fin, quedando el sistema de Defensa Directa reprimido; esto suele llamarse “El Dilema de las Plantas” (*¿crecer o defenderse?*), de hecho, se documentó una larga lista de estudios que muestran que un crecimiento acelerado en las plantas está relacionado con una alta susceptibilidad a fitófagos de cualquier tipo (Cortés *et al.*, op. cit.). El crecimiento acelerado que producen los fertilizantes químicos de alta solubilidad no es la excepción.

Las hormonas juegan un papel crucial en la Defensa Directa Inducida, debido a la capacidad de estas, como mensajeras, de moverse en la planta y ejercer un efecto sobre la actividad genética, despertando los genes que codifican la producción de “sustancias defensivas”. Muchas de estas últimas son proteínas (enzimas, por ejemplo) o péptidos. Para que el efecto de las hormonas llegue a los genes, primero debe ser recibida por una Proteína Receptora Específica para la hormona en cuestión, presentes en la membrana plasmática de las células, la cual tiene la tarea de amplificar el mensaje para hacerlo llegar al centro de actividad génica (Salisbury y Ross, op. cit.). Si bien todas las hormonas cumplen algún rol en la defensa de las plantas (porque regulan su normal crecimiento), las más reconocidas son el Ácido Salicílico y el Ácido Jasmónico (Pieterse *et al*, op. cit.). La primera está

muy relacionada (pero no exclusivamente) con la producción de proteínas antimicrobianas, es decir que interviene en la defensa contra enfermedades; y el Ácido Jasmónico desencadena defensas contra patógenos e insectos (ibíd.).

Ausubel (2005) y, luego, Tameling *et al.* (2008) describieron con mucha precisión que las plantas tienen un Sistema Inmune Innato basado principalmente en proteínas defensivas que, para ser producidas, debe existir una coordinación por medio de pequeñas moléculas (ácido jasmónico, ácido salicílico, ácido abscísico y etileno) que actúan como transductores de señales y adaptan la expresión coordinada de genes; pero, para que todas estas reacciones bioquímicas ocurran con normalidad, es necesario un equilibrio metabólico para la correcta expresión génica.

Así, muy resumidamente, vemos que el sistema de defensa de las plantas está sustancialmente ligado a su capacidad “Proteosintética”. En consecuencia, si bien Chaboussou se equivocó al hacer de lado la capacidad defensiva de las plantas (equivoco debido a los estudios pocos convincentes de esa época), su Teoría de la Trofobiosis, basada en la capacidad proteosintética de la planta (relación proteosíntesis/proteólisis), es ahora más acertada que nunca.

“Si existiera más información sobre los mecanismos naturales de la resistencia de las plantas a las enfermedades, se abriría un camino más rentable para la protección de las plantas” (Kuc, 1961 citado en Chaboussou, *op. cit.*). Merece la aclaración que, hoy en día, existe tal información, sin embargo, seguimos enseñando los métodos de protección vegetal que atan al productor a la compra de insumos de forma permanente. Este es el interés económico de la Revolución Verde que nunca se divulgó públicamente.

### **Algunos estudios de Francis Chaboussou (1980) y el apoyo de la ciencia moderna**

Francis demostró que la simple variación en horas de luz puede modificar el metabolismo de las plantas. Por ejemplo, cultivares de maíz y papa que se habían mejorado para resistencia al hongo *Diplodia*, en el norte de EE. UU., perdían su resistencia al cultivarse en latitudes menores

(sur de EE. UU. y de Francia), aun manteniendo en lo máximo posible las mismas condiciones de suelo, fertilización, agua y temperatura. En 2009, Bocalandro *et al.* demostraron que, a menores horas de luz, despiertan mecanismos de adaptación (mayor densidad estomática, por ejemplo), los cuales se traducen a una menor eficiencia en el uso del agua. Lo que puede generar estrés hídrico si la dotación de agua, en algún momento del ciclo de la planta, es limitada. Debido a que las plantas necesitan agua para numerosos procesos vitales (por ejemplo, fotosíntesis), cualquier variación pequeña en el balance hídrico puede volverla susceptible al ataque de fitófagos (Kozłowski, 2012). Luego, Cagnola *et al.*, 2018, demostraron que el fotoperiodo de día largo mejora la defensa de la planta relacionada con el ácido jasmónico. Esta información permite comprender por qué *la utilización de variedades locales, por lo tanto adaptadas, son un excelente comienzo para la producción agroecológica a cualquier escala*<sup>23</sup>. En el caso de producción a contra estación, sería de gran importancia empezar trabajos de selección de cultivares más adaptados a ese manejo y un cuidado especial en todos los factores restantes sobre los que podamos intervenir.

Chaboussou hizo un fuerte hincapié en el uso de agroquímicos, llegó a demostrar que, con el tiempo, siempre terminan desequilibrando las plantas y, por lo tanto, enfermándolas. Llamó a este fenómeno: “enfermedades iatrogénicas”, es decir, enfermedades que el mismo “remedio” ocasiona. Los casos que estudió fueron con pesticidas de aquella época y, aunque solo algunos siguen usándose en la actualidad, lo importante es no perder de vista la lógica.

Francis cuestionó la teoría reinante de “la destrucción de enemigos naturales” como causa lógica de la aparición más notoria de plagas. No compartía esta idea porque como investigador había demostrado que la proliferación de *Tetranychus spp.* sobre follaje en papas podía aumentar con tratamientos hechos al suelo para eliminar malezas o nematodos. Había repetido estudios donde se demostraba que el dicloro difenil tricloroetano (DDT) era inofensivo para uno de los principales “ácaros predadores de

---

23- Las semillas adaptadas prácticamente se han perdido (salvando algunas variedades de papa andina, maíz, quinua, entre otras). Esto resulta ser una gran limitante para el inicio de un sistema agrícola ecológico de gran escala, pues en una agroquímica o semillera solo se consiguen híbridos patentados.

ácaros"<sup>24</sup> (*Typhlodromes spp.*) y, de todas maneras, las poblaciones de ácaros fitófagos aumentaban con el uso de DDT; de la misma forma que ocurría con el uso de Captan, fungicida no tóxico para enemigo naturales (EN). Este autor revisó trabajos hechos por otros investigadores que demostraron que algunos tratamientos con pesticidas fosforados contra pulgones terminaban aumentando su fecundidad. En el Gráfico N° 2, colocado más abajo, puede observarse que, luego de disminuir la población de pulgones por el efecto tóxico del producto, la población final termina siendo superior a la que hubiera existido sin la aplicación del producto.

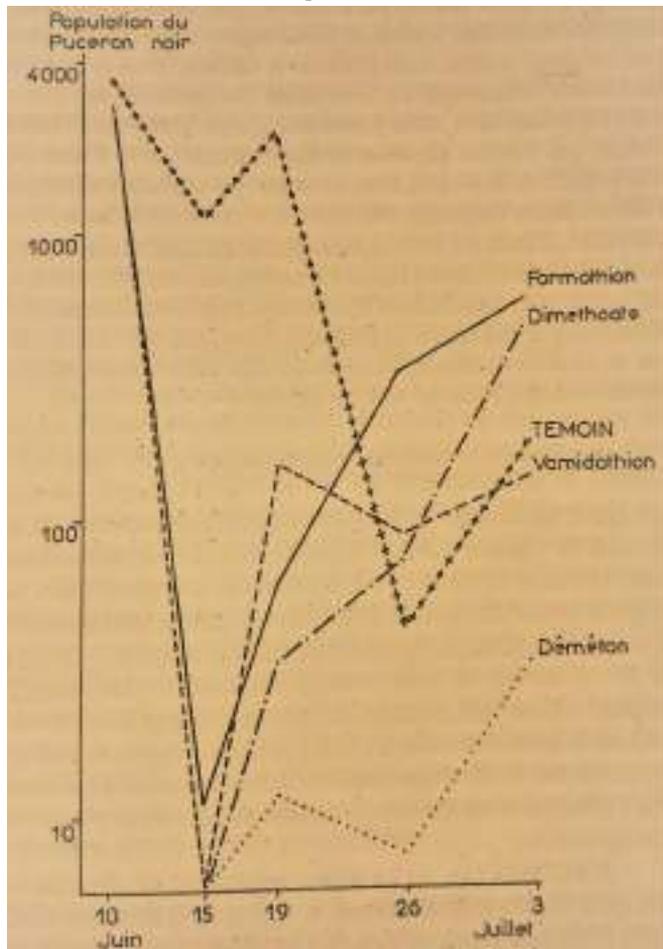
Y en el Gráfico N° 3, puede verse un resultado similar sobre *Myzus persicae* en tabaco, donde se obtuvo una mayor proliferación (a lo largo del ciclo del cultivo) en pulgones que fueron tratados con dos dosis distintas de mevinfós (Phosdrin). Estos resultados se debieron a un triple efecto:

- Aumento de la fecundidad: la cual aumentó un 26% con la dosis más baja y un 84,5% con la dosis más alta, comparada con la fecundidad del testigo (sin aplicación de productos).
- Aumento en la longevidad de los individuos: la cual, comparada con los testigos, aumentó un 5% con la dosis más baja y un 17,8% con la más alta.
- Acortamiento del ciclo evolutivo: las poblaciones de los pulgones tratados se sucedieron más rápido, por lo tanto, aumentó el número de generaciones anuales.

---

24- Sabemos que los principales predadores de ácaros son otros ácaros. Si un pesticida mata poblaciones de ácaros, no entraría en la lógica que reaparezcan con más fuerzas solamente los ácaros fitófagos. A excepción que, como ya hemos visto, hayan quedados condiciones nutricionales ideales para que esto ocurra.

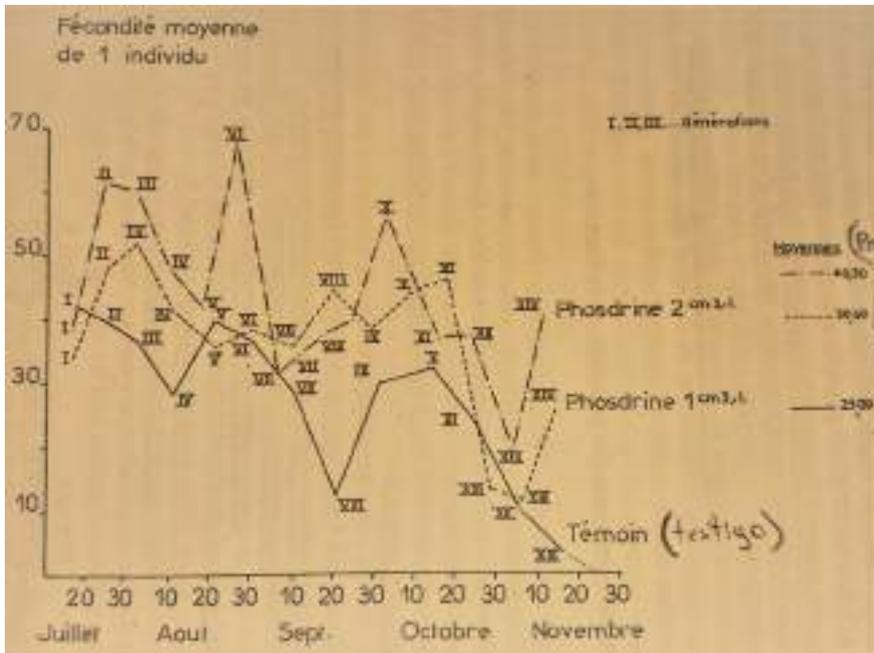
Gráfico N° 2: Multiplicación del pulgón *Aphis fabae*, luego de varios tratamientos con pesticidas



Nota: TEMOIN: testigo.

Fuente: Chaboussou, 1980.

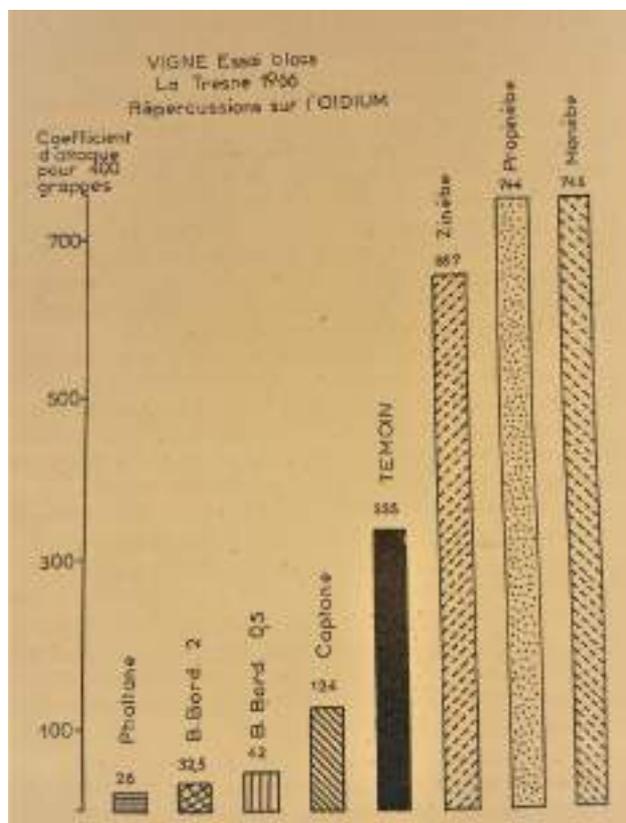
Gráfico N° 3: Fecundidad y Sucesión de generaciones de *Myzus persicae*, evaluadas sobre tabaco tratado con dos dosis diferentes de mevinfós (Phosdrin)



Fuente: ibíd.

Chaboussou también demostró que no solo los insectos recuperan su población de forma alarmante, sino que también algunas enfermedades aumentan significativamente bajo los efectos de distintos pesticidas. Esto queda bien reflejado en el Gráfico N° 4, a continuación, donde se observa que los mayores coeficientes de ataque de *Oidio* sobre uvas eran luego de la aplicación de Carbamatos, comparados con el tratamiento donde solo se aplicó agua (témoïn).

Gráfico N° 4: Coeficiente de ataque de *Oidio* sobre uvas de Cabernet-Sauvignon, en función de diferentes tratamientos con productos anticriptogámicos



Fuente: ibíd.

Sus trabajos y recopilación de estudios mostraron que el ácido -2,4diclorofenoxiacético (2,4 D) también produce aumentos poblacionales de pulgones, ácaros y nematodos sobre diferentes cultivos, ya que ningún herbicida es %100 selectivo, de modo tal que provocan alguna modificación en el metabolismo por efecto directo e indirecto al afectar la biología del suelo<sup>25</sup>.

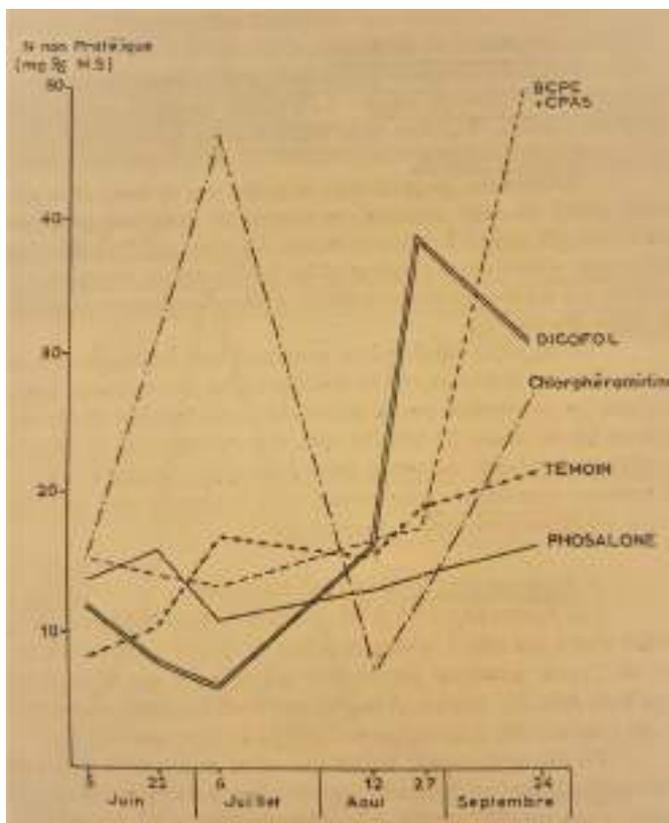
Más recientemente, y respaldando los estudios de Chabboussou, Chindo *et al.* (2010), estudiando los herbicidas Galex (metobromuron + 25- Veremos, más adelante, la importancia de la Biocenosis sobre el normal crecimiento de las plantas, y, por lo tanto, los efectos negativos de sustancias tóxicas para la vida del suelo.

metolaclor), metribuzin, diphenamid y Codal (metolaclor + prometryne) para el control de “malezas” en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), encontraron que, solos o combinados, aumentaban la incidencia y gravedad del patógeno *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* y la incidencia y poblaciones del nematodo *Meloidogyne* spp.

Chaboussou también mencionó estudios que demostraban efectos asombrosos sobre el aumento poblacional de gusanos cortadores (*Agrotis* spp.) que se alimentaban de plántulas de trigos germinadas de semillas tratadas con Lindano (efectos de curasemillas sobre la proliferación de insectos). En este caso, las crisálidas de las larvas alimentadas de plántulas de trigo emergidas de semillas tratadas, eran significativamente más pesadas y cuando se las expuso al frío (tres meses a 5-6°C, simulando un invierno típico de la zona), la mortalidad fue de 16,9% para las pupas formadas sobre plántulas de semillas tratadas, y de 72,5% para las testigos. Con este trabajo, Chaboussou concluyó que, incluso si los pesticidas se usan en tratamientos sobre semillas pueden producir consecuencias negativas en el sistema productivo, en este caso, aumentando de forma significativa la población de gusanos cortadores.

Basado en su teoría de la “Trofobiosis”, Francis demostró que, en la mayoría de los casos mencionados, los agroquímicos terminaban ocasionando una acumulación en los tejidos de sustancia nutritivas de fácil asimilación para los parásitos fitófagos, favoreciendo de esta manera su capacidad reproductiva, lo que permitía que las poblaciones se recuperen rápidamente luego del efecto tóxico de los productos. En otras ocasiones, algunos productos mejoraban la situación sanitaria al promover el aumento de nitrógeno proteico en los tejidos, además de disminuir la población del fitófago por su efecto tóxico, como lo hizo el *phosalone* para tratamiento de ácaros en manzano; mientras que los demás productos estudiados (ver Gráfico N° 5) alteraron significativamente los niveles de nitrógeno proteico en las hojas, comparados con los testigos sin aplicaciones (Témoin).

Gráfico N° 5: Repercusión sobre los contenidos de Nitrógeno No Proteico en las hojas de manzana, debido a diferentes tratamientos con productos acaricidas



Fuente: Cahaboussou, op. cit.

Primavesi (2009), apoyada en las bases científicas de Chaboussou, mostró que cada agrotóxico posee una base mineral que induce otras deficiencias en la planta, abriendo el camino para otras enfermedades o ataques por insectos (ver Tabla N° 7). Ambos investigadores demostraron que los efectos iatrogénicos dependen de la frecuencia de aplicación de pesticidas, la época del año, el tipo de suelo, el estado fenológico del cultivo, entre otros factores. Imaginemos entonces una plantación donde se aplican herbicidas, fungicidas, insecticidas, hormonas sintéticas y fertilizantes de alta solubilidad; los efectos iatrogénicos se potencian originando la necesidad de aplicaciones más concentradas de veneno y más frecuentes,

entrándose al círculo vicioso de los productos químicos, donde cada vez se necesitan más y más para obtener iguales o menores rendimientos. En otras palabras, el sistema productivo se vuelve insostenible.

Tabla Nº 7: Pesticidas, su base mineral y las deficiencias inducidas en la planta

Base del Pesticida	Ejemplos	Deficiencias inducidas
Hierro (Fe)	Fernate, Ferbam.	Manganeso, Zinc, Molibdeno, Magnesio.
Zinc (Zn)	Ziran, Cabazine, Plantizin, Zineb, Dithian.	Fósforo, Calcio, Magnesio, Hierro.
Cobre (Cu)	Cupravit, Nordox, Caldo Bordelés.	Zinc, Manganeso, Magnesio, Hierro.
Manganeso (Mn)	Maneb, Manzate, Triman-gol.	Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc.
Sodio (Na)	Naban	Amonio, Potasio, Molibdeno.
Azufre (S)	Thiovit, Elosal, Arasan, Cosan.	Fósforo, Calcio, Cobre.
Fósforo (P)	Malathion, Parathion, Fosalone.	Zinc, Manganeso, Azufre, Boro, Hierro.
Amonio (NH)	Captane, Glyodin, Brasi-col.	Cobre, Calcio, Boro, Potasio, Magnesio, Fósforo.

Fuente: Primavesi, 2009.

Orhan, en 2012, interesada por los metabolitos secundarios de las plantas, estudió el efecto de diversos pesticidas sobre estos, encontrando grandes alteraciones en cuanto a calidad, cantidad y presencia de principios activos en volátiles de plantas. Además de demostrar, al igual que Chaboussou, que los pesticidas pueden modular el metabolismo de las plantas afectando las tasas de asimilación de micronutrientes, lo que afectaría, como ya hemos visto, el metabolismo del nitrógeno. Años atrás, Coleman *et al.* (1997) ya había mostrado que las plantas poseen sistemas de detoxificación versátiles que les ayudan a procesar un sinnúmero de sustancias químicas sintéticas (xenobióticos); estas vías de desintoxicación comparten muchas características con la vía utilizada por las plantas para la síntesis y deposición vacuolar de metabolitos secundarios (respaldando los hallazgos de Orhan, *op. cit.*), siendo vías dependientes del adenosín trifosfato (ATP), es decir que *las plantas necesitan energía para procesar los químicos que les*

*agregamos*, para poder evitar su efecto tóxico. Así vemos que, analizándolo desde el punto de vista energético, los pesticidas cumplen la función tóxica sobre las plagas, pero desvían el flujo energético dentro de las plantas hacia la detoxificación, sacrificando el suministro energético para otros procesos fundamentales como, por ejemplo, la síntesis de proteínas. En consecuencia, la savia y el contenido celular empiezan a cargarse con sustancias nutritivas simples (nitrógeno no proteico, por ejemplo) que benefician el crecimiento y desarrollo de los organismos fitófagos.

Zaidi *et al.* (2005) estudiaron los efectos del glifosato, metribuzin, flucloralina y 2,4-D sobre el vigor de las plantas, la modulación, los pigmentos fotosintéticos, el contenido de N, el rendimiento de las semillas y el contenido de proteínas en las semillas, en las inoculaciones con *Bradyrhizobium sp.* (vigna). Encontraron que la aplicación previa a la emergencia de los cuatro herbicidas afectó negativamente todos los parámetros estudiados, siendo las dosis mayores las de efecto negativo más evidente.

Yu *et al.* (2007) y Manneh (2018) demostraron, nuevamente, que el nitrógeno es uno de los factores más importantes en el desarrollo de poblaciones de fitófagos. La aplicación de fertilizantes nitrogenados en las plantas naturalmente aumenta la preferencia de alimentación de los herbívoros, el consumo de alimentos, la supervivencia, el crecimiento, la reproducción y la densidad de la población. El segundo autor demostró lo mencionado, trabajando con la temida langosta americana (*Schistocerca cancellata*), la cual hacía 60 años que no causaba cuantiosos daños en cultivos del Norte argentino como lo hizo en las últimas cuatro campañas. Sin perder de vista el concepto de Trofobiosis, lo curioso es que, según la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA), el uso de fertilizantes químicos aumentó de 300.000 toneladas en 1990 a 3.768.000 toneladas en 2017.

Vemos entonces que la teoría “pérdida de Enemigos Naturales (EN)”, como justificativo de las apariciones crecientes de organismos plagas, que ha reinado y lo sigue haciendo en las aulas de agronomía, no responde siquiera como la principal causa de la proliferación de plagas. De hecho, ese razonamiento ha llevado a la enorme dificultad de reemplazar los pesticidas

químicos por biopesticidas (desde microorganismos hasta EN) esperando obtener resultados similares en cuanto a rendimiento. Hubiéramos ahorrado mucho dinero al darnos cuenta que, si atacábamos a los insectos con enfermedades y EN, pero le seguíamos dando las condiciones óptimas de crecimiento y desarrollo (nutrición facilitada por un manejo convencional de la fertilidad que desequilibra las plantas y limita sus defensas naturales), estos iban a proliferar como si nada estaríamos aplicándoles. Surgió así la necesidad de integrar métodos de manejos para poder reemplazar a los químicos más contaminantes. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) refiere a la utilización de diferentes medios de control, principalmente selección de variedades resistentes; utilización de biopesticidas (microorganismo y EN), técnicas de esterilización de suelo no contaminantes (solarización o biofumigación); utilización de pesticidas químicos de menor impacto ambiental con técnicas de aplicación más afinadas (monitoreos, utilización de umbrales de daño y maquinarias de aplicación de alta tecnología); utilización de trampas de atracción sexual, alimenticia y/o cromáticas y barreras físicas como las mallas antiáfidos. A pesar de que Chaboussou propusiera la necesidad de incluir al MIP, la protección de las plantas por estimulación de la proteosíntesis, es casi nulo lo que se habla del tema y su relación con las “defensas naturales de las plantas”<sup>26</sup>.

Si bien agradecemos al MIP por disminuir el uso de agrotóxicos y generar conciencia ambiental, el problema sigue siendo social. El MIP correctamente desarrollado es muy costoso, ya que exige instalaciones, maquinarias, conocimientos, personal capacitado e insumos más caros; haciendo posible su aplicación solo a productores de mayor capacidad adquisitiva que, como veremos, casi no venden sus cosechas al mercado local. De hecho, gran parte de sus productos son exportados o vendidos a mercados ubicados en otras provincias. De esta forma, los jujeños seguimos consumiendo alimentos de bajísima calidad biológica y con altas cargas de productos químicos.

---

26- Que un ingeniero agrónomo desconozca el sistema de defensa natural de las plantas es lo mismo que un médico ignore el potencial defensivo del sistema inmunológico que poseemos los seres humanos (del que dependemos al 100% en esta pandemia). En ambos casos, se cae en un consumo de medicamentos que atacan los síntomas y nunca sus causas.

## Conclusión

Toda práctica agrícola que genere desequilibrio metabólico en las plantas desencadena condiciones ideales para que la aparición de fitófagos sea de forma explosiva, hasta convertirse en verdaderas plagas. Esto produce la necesidad de inyectar energía al sistema en forma de pesticidas y maquinaria, lo que encarece el sistema y lo desequilibra aún más, volviéndose un “círculo vicioso” donde cada vez son necesarias “mayores cantidades de energía fósil” para producir igual o “menores cantidades de producto”<sup>27</sup>. La agricultura industrial trabaja bajo este *círculo vicioso*, por causa de esto se generaron todas las consecuencias negativas sobre nuestra sociedad, que hemos mencionado con anterioridad (ver Introducción).

Por el contrario, toda práctica que fomente el equilibrio metabólico de las plantas estimula la resistencia natural de las mismas y genera condiciones desfavorables para la aparición de plagas. Toda práctica que genera metabolismo equilibrado, inexorablemente, fomenta el equilibrio natural del suelo; por lo tanto, el aumento o conservación de MO humificada del mismo generando fertilidad creciente, además de resistencia a plagas, volviéndose así un *círculo virtuoso*, donde cada vez es necesario agregar menos energía fósil para obtener buenos resultados. La Agroecología trabaja bajo este *círculo virtuoso*, al igual que la Naturaleza.

---

27- “Los últimos 20 años tienen visto rendimientos decrecientes en los cultivos en respuesta al aumento en la aplicación de fertilizantes químicos” (Fox *et al.*, 2007).

CAPÍTULO 8

**RELACIÓN HUMANO – SUELO –  
PLANTA – ANIMAL**

*Los insectos y hongos no son las causas verdaderas de las enfermedades de las plantas. Estos solo atacan a especies no adaptadas o a las plantas cultivadas incorrectamente.*

Howard (1940)

*Si las plagas invaden sus campos, ellas vienen como mensajeras del cielo para avisarte que tu suelo está enfermo.*

Primavesi (2009)

La Trofobiosis no es un fenómeno que solo ocurre entre las plantas y los parásitos fitófagos, es algo que incluso comienza antes que la planta (en el suelo) y termina en el ser humano; es decir, “somos lo que comemos”.

El suelo produce cosechas; estas constituyen alimentos para los animales; cosechas y animales son a su vez ingeridos por el cuerpo humano y digeridos por él. El ser humano perfectamente desarrollado, normal, vigoroso, es la producción natural más perfecta que se conoce. No hay discontinuidad en la cadena entre el suelo y el hombre; esta sección de la rueda de la vida corre sin interrupción; constituye también una integración; cada paso depende del paso anterior (Howard, 1940).

Si lo analizamos desde un punto de vista evolutivo, todos los minerales del suelo, incluido el plomo, selenio, cesio, estroncio, bario y otros que ni siquiera son mencionados en un plan de fertilización convencional, en algún punto debieron haber interferido en nuestra formación; ya que, naturalmente, se encuentran en el suelo y, por lo tanto, los poseen las plantas y animales de los que nos hemos alimentamos durante millones de años. Que estén en cantidades menores no los hacen menos importante que

el potasio, por ejemplo (Primavesi, 2009). La Tabla N° 8, a continuación, muestra la composición mineral promedio de las plantas; y la Tabla N° 9 muestra la composición promedio de dos tipos de rocas que dieron origen a suelos en algunas regiones del mundo. Se ve con claridad la correlación que existe entre la composición mineral del suelo (y antes que este, de la roca que lo originó) y la de la planta.

Tabla N° 8: Composición química promedio de las plantas

Elemento	Valor medio en mg	Elemento	Valor medio en mg
Oxígeno (O)	70.000	Cobre (Cu)	0,2
Carbono (C)	18.000	Titanio (Ti)	0,1
Hidrógeno (H)	10.000	Vanadio (V)	0,1
Calcio (Ca)	300	Boro (B)	0,1
Potasio (K)	300	Bario (Ba)	<0,1
Nitrógeno (N)	300	Estroncio (Sr)	<0,1
Silicio (Si)	150	Circonio (Zr)	<0,1
Magnesio (Mg)	70	Níquel (Ni)	0,05
Fósforo (P)	70	Arsénico (As)	0,03
Azufre (S)	50	Cobalto (Co)	0,02
Aluminio (Al)	20	Flúor (F)	0,01
Sodio (Na)	20	Litio (Li)	0,01
Hierro (Fe)	20	Yodo (I)	0,01
Cloro (Cl)	10	Plomo (Pb)	<0,01
Manganeso (Mg)	1	Cadmio (Cd)	0,001
Cromo (Cr)	0,5	Cesio (Cs)	<0,001
Rubidio (Rb)	0,5	Selenio (Se)	<0,0001
Zinc (Zn)	0,3	Mercurio (Hg)	<0,0001
Molibdeno (Mo)	0,3	Radio (Ra)	<0,000.000.000.001

Fuente: Yágodin, 1986.

Tabla N° 9: Composición química promedio de Basalto y Granito

Elementos	Basalto	Granito
SiO <sub>2</sub>	49,5%	72,97%
TiO <sub>2</sub>	2,1%	0,29%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,95%	13,8%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,7%	0,82%
FeO	8,7%	1,4%
MnO	0,19%	0,06%
MgO	6,8%	0,39%
CaO	9,6%	1,03%
Na <sub>2</sub> O	2,85%	3,22%
K <sub>2</sub> O	1,15%	5,3%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,38%	0,16%
MnO	1500 ppm	390 ppm
Cu	87 ppm	8 ppm
Zn	105 ppm	39 ppm
B	5 ppm	10 ppm
Mo	1,5 ppm	1,3 ppm
Cr	220 ppm	4 ppm
Co	48 ppm	1 ppm
Ni	200 ppm	4,5 ppm
Sr	465 ppm	100 ppm
Ba	330 ppm	840 ppm

Fuente: Restrepo Rivera, 2007.

Cada mineral, por más pequeña que sea su concentración, juega un papel fundamental en el metabolismo de los organismos vivos. Por lo tanto, su deficiencia trae consecuencias negativas en la salud del consumidor, sea humano, planta o ganado. Se podría invertir tiempo en traer a este libro todos los estudios que se puedan encontrar sobre las enfermedades que causan las deficiencias de los distintos oligoelementos y otros minerales no usados con frecuencia en la agricultura industrial o “moderna”, pero por razones de practicidad mencionaremos solo algunos. Por ejemplo, el selenio (Se) es un oligoelemento que en mamíferos (incluido el humano) sirve para sintetizar compuesto de Se de bajo peso molecular y hasta 25 selenoproteínas distintas; estos compuestos se han relacionado con la prevención de algunas formas de cáncer, enfermedad de Alzheimer,

enfermedad cardiovascular y esperanza de vida (Papp *et al.*, 2010). Estas selenoproteínas también desempeñan un importante rol inmunológico, siendo esencial para mantener nuestro organismo protegido contra cualquier tipo de enfermedad, incluido el cáncer (Servan-Schreiber, 2014. Kudva *et al.*, 2015). También, la deficiencia del oligoelemento Cobre (Cu) está relacionada con problemas cardiovasculares, anemia y Alzheimer (Klevay, 2000. Klevay, 2008); una buena dotación de Cu facilita la correcta absorción de Vitamina C (Restrepo y Pinheiro, 2009), la cual es esencial para la producción de proteínas como el colágeno (Lajusticia Bergasa, 2018).

Otro ejemplo muy importante es el de un macromineral del que se sabe mucho y, al mismo tiempo, se lo menciona sin dársele la importancia que merece: el Magnesio (Mg). Este no es abundante en todos los suelos y se pierde con suma facilidad por laboreo del suelo y fertilización desequilibrada<sup>28</sup> (Voisin, 1975; Lajusticia Bergasa, 1981). Cumple funciones tan esenciales que su deficiencia causa estragos en la salud de vegetales y animales. Sin Mg, el adenosín difosfato (ADP) nunca pasa a adenosín trifosfato (ATP); sin Mg, la síntesis de proteínas y la replicación de ADN no ocurren; no solo porque estos procesos necesitan energía (ATP), sino también Mg para que las enzimas ADN-ligasa y ADN-polimerasa sean activadas (Lajusticia Bergasa, op. cit.; Kanellopoulou *et al.*, 2019). Estos son motivos suficientes para atribuirle a la deficiencia de Mg un sinnúmero de enfermedades degenerativas y de inmunodepresión, entre ellas: artrosis, arteriosclerosis, numerosas formas de espasmofilia cardiovascular, hipertensión arterial, trombosis, infartos y ataques cerebrales, diabetes, litiasis renal, vulnerabilidad frente a infecciones, virosis, alergias y algunos tipos de cáncer (ibíd.).

El Esquema N° 4, a continuación, realizado por Chaboussou en 1980, puede ayudarnos a resumir la importancia de algunos elementos menores y mayores poco utilizados en un plan de fertilización convencional. Refleja con claridad la importancia de los distintos minerales para el correcto

28- Entendiéndose por fertilización desequilibrada no solo a la reposición de unos pocos minerales, frente a los más de 30 que las plantas utilizan, sino también a la fertilización de base o fondo, donde se aplica de una sola vez casi todo el NPK que la planta necesita durante todo su ciclo de crecimiento. El excesivo aporte de K y/o Calcio (Ca) inhibe la absorción de Mg, pues son iones antagónicos. El abonado de fondo, también puede empobrecer al suelo de Yodo (I), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) (Lajusticia Bergasa, 1981).



de la cosecha y limitásemos el ingreso de energía solar al agroecosistema? Pues habríamos transformado un Sistema perfectamente Abierto en un Sistema Cerrado, esto quiere decir que todo lo que las cosechas se lleven, necesariamente, debe ser repuesto mediante insumos químicos. El problema es que la fertilización convencional nunca logra esto, solo repone N, P, K y algunas veces Ca y otros pocos, en comparación con los más de 30 elementos que encontramos en el tejido vegetal. A esto se le suma la pérdida de minerales por erosión, lixiviación y por antagonismo que se genera al colocar en el suelo elevadas y/o constantes cantidades de sales de N, P y K. Hay que agregar además que tales aplicaciones y el uso de variedades más productivas permitieron extraer cantidades de cosechas muy superiores en la misma superficie; y que la cantidad de residuos vegetales que quedaban en el suelo disminuyeron al aumentar los “índices de cosecha” (ver Imagen N° 8); pues así explicamos el empobrecimiento de los suelos, y, por lo tanto, de nuestros alimentos y finalmente, de nuestra salud. Además, esto denota la relatividad que tienen los análisis de suelo convencionales que se fijan, básicamente, en el NPK.

Imagen N° 8: Cultivo de trigo<sup>29</sup>



Fuente: Foto del autor, tomada en El Carmen, Jujuy, Argentina. 1992.

En Inglaterra, la científica Mayer (1997) comparó la composición de 20 vegetales y 20 frutas durante un período de 50 años: desde 1930 (pre revolución verde) a 1980 (post revolución verde), utilizando datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido (MAFF); y demostró una reducción significativa en todos los minerales evaluados, además de un aumento significativo en el contenido de agua y, por consiguiente, disminución en el contenido de materia seca (ver Tabla N° 10).

---

29- Detrás de José (mi primo), cuando tenía 4 años, se observa un cultivo de trigo de la década del 90. Puede verse la gran cantidad de tallos de los trigos antiguos, sin manipulación genética. Por el contrario, en la actualidad, los trigos mejorados que se empezaron a comercializar en nuestra provincia, gracias a la Revolución verde, están modificados genéticamente para tener espigas más grandes a expensas de una menor longitud de tallo, son los famosos trigos enanos de alta producción. Esto incrementó significativamente el índice de cosecha, es decir, quedaba en el suelo una cantidad mucho menor de materia orgánica fresca (paja) para ser reciclada (Pinheiro Machado, 2016). Ni hablar de las condiciones microambientales miserables que quedaban en el suelo para que este reciclado ocurra.

Tabla N° 10: Promedio de la relación entre el Contenido Mineral (nuevo/ viejo) de 20 verduras y 20 frutas, analizadas en los años 1930 (viejo) y 1980 (nuevo)

Minerales	Ca	Mg	Fe	Cu	Na	K	P	MS	H <sub>2</sub> O
Relación vegetales	0,81	0,65	0,78	0,19	0,57	0,86	0,94	0,97	1
P valor	0,014*	0,000**	0,088	0,000**	0,013*	0,09	0,48	0,53	0,87
Relación frutas	1	0,89	0,68	0,64	0,9	0,9	0,99	0,91	1,02
P valor	0,957	0,016*	0,002**	0,006**	0,561	0,000**	0,903	0,023*	0,006**

Nota: \*Menor a un p valor de 0,05. \*\*Menor a un p valor de 0,02.

Fuente: ibíd.

Una relación en vegetales de 0,81 para Ca, por ejemplo, significa que, durante un período de aproximadamente 50 años, el contenido promedio de calcio en los vegetales ha disminuido al 81% del nivel original. La mayor disminución se obtuvo en el oligoelemento Cobre (Cu), donde el valor post revolución verde (1980) no llega ni a la quinta parte del valor previo de la revolución verde (1930). Luego, se aprecia un aumento significativo del nivel de contenido de agua y disminución (en consecuencia) del contenido de materia seca.

En el año 2007 se publicó en Inglaterra la sexta edición del estudio del Dr. Thomas, "Un estudio sobre el agotamiento mineral de los alimentos disponibles para nosotros como nación durante el período 1940 a 2002", donde se revela nuevamente una caída brutal del contenido de minerales en vegetales (ver Tabla N° 11) y en carnes (ver Tabla N° 12).

Tabla N° 11: Caída de Minerales en vegetales, 1940-2002

Promedio de 27 Tipos de Vegetales					
Mineral	Cu	Ca	Fe	Mg	K
Cambio promedio	-76%	-46%	-27%	-24%	-16%

Fuente: Thomas, 2007.

Tabla N° 12: Caída de Minerales en carnes, 1940-2002

Promedio de 10 Tipos de Carnes						
Mineral	Cu	Ca	Fe	Mg	K	P
Cambio promedio	-24%	-41%	-54%	-10%	-16%	-28%

Fuente: ibíd.

En Estados Unidos, Bergner (1998) publicó, en su libro *El poder curativo de los minerales, nutrientes especiales y oligoelementos*, cifras que muestran una disminución en el contenido de minerales y vitaminas de varias frutas y verduras entre 1963 y 1992. La Tabla N° 13 es un resumen de las disminuciones de minerales en frutas y verduras durante un período de 30 años, adaptado del libro de Bergner.

Tabla N° 13: Cambios en el Contenido Mineral de algunas frutas y verduras, durante el período 1963-1992

Mineral	Ca	Mg	Fe	K	P
Cambio promedio	-29,82%	-21,08%	-32%	-6,48%	-11,09%

Nota: Frutas y verduras analizadas: naranjas, manzanas, plátanos, zanahorias, papas, maíz, tomates, apio, lechuga romana, brócoli, lechuga iceberg, col rizada y acelgas.

Fuente: ibíd.

En los tres estudios se observa que todos los minerales analizados disminuyeron, incluidos los que se reponen con frecuencia en un programa de fertilización convencional, pero las mayores disminuciones se dieron en elementos que no son repuestos, principalmente, oligoelementos<sup>30</sup>. Voisin ya había advertido sobre esta catástrofe nutricional causada por la agronomía industrial, esto lo llevó, en 1966 (última edición, 1975), a publicar 5 nuevas leyes universales para la aplicación de abonos para corregir estas carencias visibles e innegables, donde mostró los gravísimos errores de la Ley de

30- Este fenómeno de deficiencia de minerales y vitaminas de los alimentos se denomina “Hambre Oculta” (Ku *et al.*, 2019). La FAO analiza el hambre mundial de forma reduccionista, basándose prácticamente en calorías consumidas por habitante.

Liebig y de suponer que no hacía falta reponer oligoelementos debido a que la reserva del suelo alcanzaba para reponer 200 años de cultivo:

Se olvidaba así la extrema fragilidad de los oligoelementos asimilables del suelo: un suelo puede ser muy rico en oligoelementos asimilables pero un desequilibrio que nosotros creemos en el suelo por los aportes de abonos hará desaparecer la casi totalidad del oligoelemento asimilable; por ejemplo, en un suelo rico en Mn total y asimilable el aporte en cantidades excesivas de Ca hará desaparecer la mayor parte del Mn asimilable y producirá graves carencias entre las plantas y los animales (Voisin, 1966: 43).

De la misma forma, Voisin reveló varios estudios que demostraron la disminución de Mg en el tejido vegetal que ocurría con aportes crecientes de K, y/o por la remoción de suelo. La tercera ley de Voisin muestra su desesperación por corregir estos gravísimos errores: “La aplicación de los abonos debe permitir ante todo el mejoramiento de la calidad biológica<sup>31</sup> de los alimentos y aumentar el rendimiento lo más posible sin disminuirla”. Este autor francés publicó varios libros donde muestra, científicamente, al suelo como iniciador de la salud (Voisin 1966, 1971, 1975); por eso concluimos que todo lo que hagamos sobre el suelo tendrá repercusión sobre nosotros tarde o temprano.

Es necesario destacar que las Leyes de Voisin para la aplicación de abonos no son siquiera mencionadas en el Plan de Estudios de la carrera de Ingeniero Agrónomo; y, por el contrario, la Ley de Liebig sigue siendo enseñada, sin siquiera mencionarse las catástrofes que se produjeron por su utilización como respaldo científico para el uso irracional de fertilizantes sintéticos. Tampoco se menciona el arrepentimiento que el mismo Liebig expresó en su epitafio, al comprender las limitantes de su ley (Sonntag, 1997; Restrepo, 2007)<sup>32</sup>.

---

31- *Calidad Biológica*: “representa la suma de los factores individuales presentes en la planta, que contribuyen al mantenimiento de un metabolismo normal del organismo vivo, animal o humano que consume esa planta” (Voisin, 1975).

32- El epitafio de Liebig también consultado (en línea) el 10/02/2021, en <https://iraunpermakultura.wordpress.com/2015/12/06/el-epitafio-de-la-agricultura-quimica/#:~:text=Liebig%2C%20oponi%C3%A9ndose%20a%20la%20idea,resultado%20de%20las%20altas%20cosechas>.

Vemos que, por más antigua que sea la cita bibliográfica, Julius Hensel (1898) no se equivocaba con el concepto de la necesidad de una fertilidad equilibrada; esto refleja la increíble capacidad de observación, criterio y razonamiento lógico de los científicos antiguos. De hecho, la práctica de utilizar harinas de roca para recuperar suelos desgastados actualmente es muy utilizada en todo el mundo bajo la frase: “Remineralización de los suelos”<sup>33</sup> (Restrepo y Pinheiro, 2009). Ahora bien, la corteza terrestre (capa rocosa más externa de la Tierra) tiene de 5 a 70 km de espesor, lo que muestra la necesidad de devolver a los suelos gastados la capacidad de exploración para que las raíces y micorrizas logren alcanzar esta fuente mineral inagotable. Por otro lado, los biofertilizantes foliares que se obtienen a partir de bosta y harina de roca son excelentes herramientas para la transición convencional-agroecológico<sup>34</sup>.

En una dirección totalmente opuesta a la agricultura industrial, la producción agroecología obtiene alimentos de altísima calidad biológica (ver Tabla N° 14).

Tabla N° 14: Calidad Biológica de verduras agroecológicas (= biológicas)

Beneficios Nutritivos de Verduras Biológicas							
Minerales	Ca	Mg	K	Na	Mg	Fe	Cu
<b>Lechuga</b>							
Biológica	40,5	60	99,7	8,6	60	227	69
Convencional	15,5	14,8	29,1	0	2	10	3
<b>Tomate</b>							
Biológico	71	49,3	176,5	12,2	169	516	60
Convencional	16	13,1	53,7	0	1	9	3
<b>Espinaca</b>							
Biológica	23	59,2	148,3	6,5	68	1938	53
Convencional	4,5	4,5	58,6	0	1	1	0
<b>Poroto</b>							
Biológico	96	203,9	257	69,5	117	1585	32
Convencional	47,5	46,9	84	0,8	0	19	5

Nota: Valores en miliequivalentes de mineral por cada 100 gramos de tejido vegetal.

Fuente: Estudio realizado en la Universidad de Rutgers (citado en Restrepo y Pinheiro, 2009).

33- Ver (en línea) en <https://www.remineralize.org/>

34- Ver capítulos 16 y 17.

Un estudio de 12 años (1960 a 1972) que hizo el científico alemán Schuphan (ibíd.), comparando la calidad biológica de papas y espinacas cultivados de forma convencional y agroecológica, muestra la superioridad no solo en minerales de estos últimos, sino que, además se encontró 23% más de materia seca, 18% más de proteínas, 23% más de metionina (aminoácido esencial) y 28% más de vitaminas C. Las papas y espinacas convencionales mostraron además ser muy superiores en contenidos de Nitratos (93% más), que, junto con los Nitritos, son sustancias aceptadas como probablemente carcinogénicas (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, ATSDR, 2015). Respecto a esto, los cultivos hidropónicos, a pesar de utilizar fertilizaciones mucho más completas, pueden superar en el contenido de nitratos y nitritos a cualquier otra forma de cultivo (Guadagnin *et al.*, 2005; do Nascimento *et al.*, 2019). No obstante, la hidroponía puede mejorar esta desventaja utilizando bacterias que aumenten la actividad nitrogenasa en las plantas, para que procesen los nitratos y nitritos (Hsu *et al.*, 2015), también se puede cortar la aplicación de nitrógeno en la solución nutritiva un tiempo previo a la cosecha (2 a 15 días dependiendo el cultivo) (Rouphael *et al.*, 2018).

Estas diferencias de calidad nutricional entre distintas formas de cultivo son el resultado de reemplazar la nutrición natural de las plantas por el uso de sales minerales de nitrógeno, que producen una acumulación de nitrógeno no proteico en los órganos vegetales y un aumento en la absorción de agua debido a cuestiones osmóticas.

### **Agricultura, alimentación y enfermedad**

Quizás la obra científica más contundente y actual que exista sobre alimentación y enfermedades modernas sea la del científico francés David Servan-Schreiber (2014), quién mostró las enfermedades crónicas y degenerativas como epidemias que no se justifican por un simple aumento poblacional ni por una mayor esperanza de vida:

Esto último nunca explicaría lo publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2004, donde se reveló que, desde 1970, uno de los sectores en los que más había aumentado la incidencia de cáncer es

entre la población infantil y adolescente. ¿Cómo pudo haber disminuido el rango de edad susceptible al cáncer? La incidencia de cáncer de próstata en Europa aumentó un 200%, entre los años 1978 y 2000; y en EE. UU., lo hizo un 258%. Este hecho no se explica únicamente por un diagnóstico precoz más eficiente, porque el aumento de cánceres para los que no se hace un control rutinario destinado a diagnóstico precoz (cáncer de páncreas, pulmón, cerebro, testículos y linfomas) es igualmente llamativo, si no más (ibíd: 19).

Carson en 1962 mencionaba que “hace 30 años atrás, hablar de cáncer en la niñez era una rareza”; hoy en día existen clínicas para niños con cáncer y otras instituciones afines, en casi todas las provincias de Argentina. Esto coincide con la siguiente afirmación: “Ciertamente, en el mundo occidental estamos viviendo una epidemia<sup>35</sup> de cáncer” (Servan-Schreiber, 2014).

Suficiente hemos hablado sobre el contenido superior en mineral, vitaminas, aminoácidos esenciales y antioxidantes en los productos vegetales agroecológicos; ahora veamos otros nutrientes esenciales que aportan algunos de los alimentos más consumidos en Argentina: carne, leche (y derivados) y huevo.

Los ácidos grasos *Omega 3 (O3)* y *Omega 6 (O6)* son esenciales para nuestra nutrición, es decir, nuestro organismo no puede producirlos y entonces necesitamos adquirirlos de los alimentos. Algunos de sus beneficios se mencionan a continuación:

Los O3 y O6 compiten por el control de nuestra biología, este último facilita el almacenamiento de grasas (estimula la producción de células grasas) y favorece la rigidez celular, la coagulación y la inflamación. Por el contrario, el O3 favorece el desarrollo del sistema nervioso, hace más flexibles las membranas celulares y reduce la inflamación (ibíd.).

La relación O6/O3 ideal de la dieta debe de ser 1/1 (Simopoulos, 2008; Servan-Schreiber, op. cit.). Esto explica el resultado de numerosos estudios científicos que demostraron que el O3 o las dietas con una relación O6/O3 baja disminuyen el riesgo y revierten los síntomas de

---

35- Epidemia: rápido aumento en el número de casos de una enfermedad (Servan-Schreiber, op. cit.).

las enfermedades modernas como el cáncer (de mama, colorrectal, leucemia, gástrico, páncreas, esófago, próstata, pulmón, cabeza y cuello, así como caquexia por cáncer), enfermedades cardiovasculares, inflamatorias y autoinmunes (Simopoulos, op. cit.; Fabian *et al.*, 2015; Nabavi *et al.*, 2015; Feijó *et al.*, 2018).

Los animales tampoco pueden sintetizar estos ácidos grasos, por lo tanto, también deben adquirirlos a través de los alimentos. El pasto en general es muy rico en O3, mientras que la soja y el maíz son ricos en O6. No es difícil darse cuenta, entonces, que la grasa de la carne, leche (y derivados) y huevos producida de manera industrial (confinamiento y alimentación a base de granos) proporcionará productos alimenticios de origen animal con una relación O6/O3 muy superior a la recomendada; es decir, muy superior a la que hemos estado consumiendo a través de la caza y la pesca durante miles de años (Simopoulos, op. cit.). En carne, leche (queso y otros derivados) y huevo podemos encontrar relaciones O6/O3 que van desde 15/1 a 40/1 cuando son producidos industrialmente.

El Ácido Linoleico Conjugado (ALC) es otro nutriente esencial que adquirimos a través de la grasa de la carne y leche de rumiantes cuando están principalmente alimentados a base de pastos. Por ejemplo, Khanal *et al.* (2005 y 2008) encontraron que la leche (y, por lo tanto, el queso, yogur, ricota, crema y manteca que se obtienen a partir de esta) de vacas alimentadas a pasto tiene tres veces más ALC que la leche y el queso de las vacas que recibían en su dieta 50% de un concentrado (a base de maíz y soja) y 50% de pasto. Las propiedades de este nutriente sobre nuestra salud no son solo anticancerígenas, sino que además tienen eficacia contra la obesidad, la aterosclerosis, la diabetes y enfermedades cardiovasculares (Khanal *et al.*, 2008; Servan-Schreiber, op. cit.; Pinheiro Machado, 2016. Den Hartigh, 2019). Además de estar en mayores cantidades, el ALC que proporcionan las grasas de rumiantes alimentados a pasto tiene una eficiencia 6 veces superior que el ALC ofrecido por las farmacias (Pinheiro Machado, op. cit.).

Vemos entonces que las grasas animales no son perjudiciales para la salud, sino la forma en que fueron producidas y la cantidad en que se consumen. Desde que nació la campaña de productos bajos en calorías

(Light) en los 70, en EE. UU., el peso medio de los varones estadounidenses se ha elevado en casi 8 kg y el de las mujeres en 8,5 kg (Pollan, 2012).

Observemos, en la Tabla N° 15, la diferencia de calidad biológica entre un huevo agroecológico (libre pastoreo) y uno industrial (alimentación a base de soja y maíz, o alimentos “balanceados”).

Tabla N° 15: Comparación de Calidad Biológica entre un huevo industrial y uno agroecológico

Componentes	Industrial	Agroecológico
Vitamina E	0,97 mg	7,37 mg
Vitamina A	487 UI*	763 UI
Beta-Caroteno	10 mcg	76,2 mcg
Omega 3s	0,022 g	0,71 g
Folato**	47 mcg	10.200 mcg
Colesterol	423 mg	292 mg
Grasas saturadas	3,1 g	2,31 g

Nota: \* Unidades Internacionales. \*\* De vital importancia para mujeres embarazadas.

Fuente: Dutra Keiran y Vaschetto, 2020.

Es innegable, entonces, que la producción agropecuaria industrial favorece la enfermedad debido a la bajísima calidad biológica de los productos; consecuencia de haber puesto la cantidad (rendimiento) por encima de la calidad. Sin embargo, estos son temas que no se desarrollan en las aulas de Agronomía, y quizás, ni en las de Nutrición y Medicina. De hecho, desde Liebig (1840), el rendimiento sigue siendo el objetivo principal de las prácticas de cultivo que enseñamos en la actualidad (2021); y los productores, al estar atados a un sistema que utiliza elevadas cantidades de insumos (sistema costoso) se ven obligados a sacar la máxima cantidad de kilogramos para lograr diluir sus costos elevados. Si a todo lo visto le sumamos las cargas de pesticidas con las que las frutas y verdura llegan a nuestra mesa, podemos afirmar que no solo hemos perdido grandes cantidades de los protectores naturales contra el cáncer y otras tantas enfermedades que obteníamos de los alimentos de origen animal y vegetal (minerales, Omega 3, ACL, vitaminas, folato, etc.), sino que además fueron

reemplazados por componentes que favorecen la enfermedad (nitratos, nitritos, Omega 6, colesterol, pesticidas, *Escherichia coli* O157:H7, etc.).

Albert Einstein dijo: “Locura es hacer lo mismo una y otra vez esperando obtener resultados diferentes”. *¿Hasta cuándo seguirá la locura de la producción agropecuaria industrial?*

### **¿Por qué los parásitos fitófagos potencian su crecimiento, desarrollo, reproducción y supervivencia con los mismos cultivos desequilibrados que a nosotros nos enferman?**

Hemos respondido esta pregunta a lo largo del texto, pero es oportuno resumir un poco la cuestión. Este fenómeno se debe entonces a que los insectos responden mucho mejor a formas nitrogenadas más sencillas (aminoácidos libres, amonio, nitratos), debido a tres razones:

- 1) La necesidad fundamental del insecto de absorber nutrientes únicamente de forma soluble a través del intestino medio, de manera que mientras más sencillos los encuentre, más rápida será su absorción, nutrición y, por lo tanto, su fecundidad.
- 2) La elevada demanda energética que requiere la síntesis de proteasas y otras enzimas que el insecto debe poseer para aprovechar las moléculas complejas. Si el alimento viene de forma sencilla, el insecto tiene un ahorro sustancial de energía que puede destinar a otras funciones (reproducción, inmunidad, dispersión, etc.). Además, el alimento pasa por el tracto digestivo con mayor agilidad al permanecer menos tiempo en el buche, lo que le permite comer más y absorber más nutrientes.
- 3) Las plantas que tienen elementos de fácil aprovechamiento en sus tejidos están en proteólisis dominante, por lo tanto, no pueden producir proteínas defensivas o lo hacen de forma muy limitada; de esta manera los parásitos fitófagos no tienen la necesidad de gastar energía y nutrientes para superar esta barrera nutricional.

Así, los artrópodos tienen menores requerimientos energéticos y mayores aportes nutricionales al mismo tiempo, alcanzando su máximo potencial biótico y resistencia a agentes naturales bióticos y abióticos.

En contraposición, los animales superiores (ganado, ser humano) responden nutricionalmente mejor a proteínas que a nitrógeno no proteico, eso se debe a que, de los 20 aminoácidos existentes, solo somos capaces de autofabricar 11 de ellos, los restantes 9 solo podemos adquirirlos a través del alimento, es decir, son *esenciales*<sup>36</sup>. Además, de los 11 que podemos fabricar, 6 son *indispensables*<sup>37</sup>, es decir, solo podemos fabricarlos de forma limitada; por lo tanto, deben obtenerse de la dieta cuando las demandas metabólicas superan la síntesis endógena. Si algún aminoácido esencial e indispensable falta en los alimentos que consumimos, todas las proteínas que se sintetizan a partir de los faltantes no serán producidas. No olvidemos que “la esencia de la vida de la Tierra se basa en la diversidad de funciones de las células, siendo las proteínas el corazón de las funciones celulares” (Klug *et al.*, 2006), es decir, las funciones de esas proteínas faltantes dejarán de ocurrir y esto traerá consecuencias nefastas sobre nuestro organismo.

Debido a esta propiedad de vital importancia de las proteínas, la FAO incorporó en 1991 una forma de valoración denominada *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS), que va desde 0 hasta 1. Las proteínas que contienen los nueve aminoácidos esenciales en cantidades apropiadas se conocen como proteínas completas (valor PDCAAS igual a 1) y las que presentan deficiencia de uno o más de estos aminoácidos se denominan proteínas incompletas (valor PDCAAS menor a 1). Por ejemplo, la leche materna y el huevo tienen un valor de 1, y la carne bovina de 0,92. En cambio, el trigo posee una cifra de 0,54 y el maní de 0,52. Las proteínas animales son más completas, ya que contienen los aminoácidos en la proporción adecuada para los requerimientos humanos, a diferencia de los vegetales en los que el contenido de proteínas es menor (Zeevaert y Moreno, op. cit.). Esto último obliga a consumir diversidad de vegetales (lo cual es bueno) para poder ingerir los aminoácidos esenciales que necesitamos. Pero resulta

---

36- Aminoácidos esenciales: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Zeevaert y Moreno, 2011).

37- Aminoácidos indispensables: arginina, cisteína, glutamina, glicina, prolina y tirosina (ibíd.).

difícil de conseguir en poblaciones pobres y de condiciones ambientales marginales. Por ejemplo, en la Puna jujeña es mucho más factible producir un animal para ordeñarlo y/o comerlo, que cultivar una gran diversidad de legumbre para poder cumplir con los requerimientos proteicos. Además, criar animales facilita el cultivo de vegetales en cantidad y calidad, debido a que con su leche y guano se fabrican biofertilizantes completos y baratos.

### **Agroquímicos y salud**

Ante tanta controversia e infinidad de información e intereses, es muy importante no perder el razonamiento lógico sobre el tema pesticidas y salud.

El uso de pesticidas, en Argentina, aumentó de 73 millones de kg en 1995 a 317 millones de kg en el año 2012 (CASAFE, 2015); a ese ritmo actualmente estaríamos en 420 millones de kg (Sarandón, 2019). En el 2016, la facturación de fitosanitarios en Argentina cerró en US\$ 2.471.909.757 (CASAFE, 2016); esto está indicando que el *interés económico* en el tema agroquímicos y salud siempre va a tener un inmenso *poder y dominancia*.

Es sorprendente la cantidad de fitosanitarios que utilizamos para producir alimentos, pero lo que es realmente alarmante es la falta de responsabilidad y conciencia de quienes los manipulan; menos mal que existen excepciones.

El campo es impredecible, muy pocas veces terminamos haciendo las cosas como las planificamos. Podemos enseñar sobre uso seguro de agroquímicos, pero cuando el tiempo y sobre todo el dinero están en juego, realmente, pareciera no importar los rangos de temperatura, humedad y velocidad del viento ideales para la aplicación. A modo de ejemplo, permítaseme contar una experiencia personal que tuve en una Pasantía en Producción Ganadera a pasto que hice en el sur de Santa Fe (Argentina), tuve la oportunidad de grabar lo que podría llamar una desgracia, el momento en que un campo era pulverizado con herbicida a las 12 del mediodía, era realmente difícil creer que algo del producto quedaba en el lugar donde se lo estaba aplicando después de ver cómo literalmente la cortina de caldo se iba al campo vecino donde había ganado pastando<sup>38</sup>. La pulverizadora en

---

38- “Menos del 0,1% de los pesticidas aplicados para el control de plagas alcanza su

cuestión pertenecía a una empresa que brindaba servicios de aplicación y estábamos en vísperas de temporada sojera (17 de septiembre de 2018). Esta empresa, al cobrar su servicio por hectárea pulverizada y al no estar el dueño del campo presenciando su trabajo, solo quería ganar el máximo de dinero posible en la campaña, es decir, aplicar el mayor número de hectáreas que sea posible, sin importar las condiciones óptimas para realizar las aplicaciones. Me pregunto si habrá sido pura casualidad el observar ese hecho, o un gran número de estas aplicaciones se hace de forma inadecuada como una normalidad.

Que cada año mueran 200.000 personas intoxicadas por agroquímicos en el mundo (Saha *et al.*, 2017) nos indica que no es mera casualidad. De hecho, en la campaña tabacalera 2019/20, el farmacéutico dueño de una droguería y segundo responsable de la farmacia del Ministerio de Salud de la Provincia de Jujuy tuvo que conseguir, de urgencia, solución fisiológica para tratar pacientes intoxicados por agroquímicos, debido a un desabastecimiento general en la provincia originado por la masiva cantidad de casos. Según Carrasco (2010), las fumigaciones irresponsables han elevado la prevalencia de cáncer pediátrico y han sido repetidamente denunciadas por sus efectos teratogénicos, transformando las áreas rurales en las zonas más insalubres del planeta (Jurewicz *et al.*, 2013). Recientemente han comenzado a conocerse estudios epidemiológicos locales (Aguirre *et al.*, 2015) y mundiales que señalan cómo afecta el uso de pesticidas en forma directa a quienes producen o viven en zonas productivas (Beltramino *et al.*, 2008) e indirectamente a quienes comen estos alimentos, aun los procesados en milanesas, jugos y aceites con residuos de agroquímicos.

Un problema angular con el que nos enfrentamos en Jujuy es que nuestros mercados son abastecidos principalmente por pequeños productores (*esto no debería ser un problema, de hecho, debería ser una gran fortaleza*), quienes sustentan a sus familias con lo que producen en la tierra (propia o arrendada), y por eso cualquier cosa que amenace su cosecha amenaza la supervivencia de su familia, no pueden darse el lujo de

---

objetivo. Más del 99,9% de los pesticidas usados migran al ambiente, donde afectan la salud pública y los biotipos benéficos, lo que contamina los suelos, el aire y la atmósfera del ecosistema” (Robin, 2012 citado en Pinheiro Machado, 2016). Para fungicidas, el porcentaje mencionado por Robin, puede ser aún menor (Duke, 2017).

correr ningún riesgo. Los pesticidas modernos de menor impacto ambiental requieren de una capacitación técnica superior, por ejemplo, monitoreo y reconocimiento de estados y estadíos de plagas antes de aplicar, y monitoreos posteriores para evaluar resultados. Estos productos son, además, muy específicos y mucho más costosos; y, si bien se usan con menores dosis, un productor pequeño que va a una agroquímica prefiere llevarse un producto que cueste \$1.200 el litro (aproximadamente) y que mate distintas plagas al mismo tiempo, que comprar uno que cueste \$10.000 o más el litro y específico para una sola plaga. Además, estos productores quieren ver caer al fitófago de manera inmediata, es decir, gustan de productos con gran poder de volteo, efecto que no poseen los productos de menor impacto ambiental. Los vendedores de agroquímicos jamás arriesgarían su negocio dejando de vender los productos de mayor volteo, amplio espectro y más económicos, por más que estén prohibidos, como el Furadan (carbofuran) y el Endosulfán, los cuales siguen siendo comercializados en la provincia de Jujuy. De esta manera, mientras los productores más pudientes, capacitados y responsables venden sus productos a mercados que pagan un mejor precio (Buenos Aires, Santa Fe), los jujeños comemos los alimentos producidos de formas menos éticas. Y si creemos que las verduras del norte (Quebrada de Humahuaca, Jujuy) son más ecológicas deberíamos tener en cuenta factores como el costo de los arriendos. Los dueños de las tierras donde se producen hortalizas en la Quebrada de Humahuaca han sobrevalorado sus tierras cobrando a los pequeños productores que las arriendan una cantidad de dinero inimaginable; por lo menos uno se sorprende al escuchar el costo por hectárea que nos comentó el encargado del INTA en Hornillos en una oportunidad. Entonces nos preguntamos las siguientes cuestiones: *¿cómo pueden pagar ese precio produciendo hortalizas?* La respuesta fue: "la única manera es sacando 3 cosechas anuales con altísimos rendimientos, lo que se logra únicamente, en un clima como el de la Quebrada de Humahuaca, con una cantidad alarmante de químicos". *¿Cómo proponerles a estos pequeños productores empezar el camino de transición hacia lo agroecológico si ni siquiera tienen la seguridad de que en la campaña siguiente le renovarán el contrato, si es que le hacen algún tipo de contrato?* Algunos pequeños productores que se animaron a cambiar y lograron mejorar el suelo fueron

desalojados de esas tierras porque otro le ofreció un poco más de plata al dueño ¿Qué ánimo le queda al productor para cambiar?

Volviendo al tema agroquímicos y salud, y continuando con el razonamiento lógico, recordemos que somos el resultado de miles de millones de años de interactuar con el ambiente; ambiente que nunca estuvo tan contaminado con productos artificiales de síntesis química como lo está en los últimos años. El Gráfico N° 6 muestra que la producción de estas sustancias, como los pesticidas, es un fenómeno muy característico del final del siglo XX (Servan-Schreiber, op. cit.); y ¿cómo reacciona un organismo frente al contacto constante de una gran diversidad de sustancias químicas con las que nunca antes había estado?

Gráfico N° 6: Producción de Sustancias químicas sintéticas en el mundo



Fuente: *ibíd.*

En concordancia con este gráfico, “el riesgo de contraer cáncer se ha triplicado en hombres y mujeres nacidos después de la Segunda Guerra Mundial, es decir, 1945 en adelante” (ibíd.).

Así también, una gran cantidad de pesticidas son liposolubles para una mejor acción sobre las plantas e insectos, y esta cualidad permite que se acumulen en la grasa de distintos organismos y en las ceras naturales de cáscaras de frutas y verduras.

Entre los cánceres cuya incidencia más ha aumentado en los últimos 60 años se encuentran los de tejido que contienen grasas o que están rodeados de ella: mamas, ovarios, próstata, colon y sistema linfático. La mayoría de estos cánceres son sensibles a las hormonas que circulan por el cuerpo, debido a que estas se adhieren a las células cancerosas y estimulan su crecimiento destructivo. A su vez, muchas sustancias químicas como algunos pesticidas, pueden imitar la estructura de ciertas hormonas humanas, colarse en las células cancerosas y estimular su crecimiento. Por ejemplo, un número considerable de tumores cerebrales son sensibles a los xenoestrógenos (imitador de estrógenos) como la Atrazina (y el Endosulfá-Hradečná, 2019), que se acumula en las grasas de animales, personas y peces, en estos últimos se demostró que es capaz de cambiar su sexo (Servan-Schreiber, op. cit.).

Mientras que en Europa llevó 42 años llegar a su prohibición, en Argentina pareciera no importar.

Las leyes creadas para regular el uso de pesticidas son indicadoras del potencial destructivo de estos productos, eso no se puede negar. Por ejemplo, la Ley 20.418 “Ley sobre tolerancia de residuos de plaguicidas” (Bs. As., 1973) permite en el artículo 2), inciso a), la comercialización de productos alimenticios que no excedan el límite máximo de pesticidas. En el 2010, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) proporcionó un listado actualizado con los Límites Máximos de Residuos (LMR) para todos los agroquímicos permitidos en Argentina. Esta institución, además, regula la clasificación de los productos formulados e ingredientes activos de acuerdo a los estudios toxicológicos *presentados por los mismos fabricantes* (Pina, 2012). Estos estudios se basan principalmente

en los efectos letales inmediatos, como, por ejemplo, Dosis Letal Media (DL50), donde se determina la concentración mínima del principio activo que mata la mitad (más o menos) de la población de ratas (por ejemplo) estudiada en un tiempo determinado (24, 48, 72 horas). Normalmente el cáncer tarda entre 5 y 45 años en desarrollarse en el ser humano (Servan-Schreiber, op. cit.); queda claro, entonces, que los estudios para evaluar el impacto real del uso de agrotóxicos *no* son hechos con la rigurosidad que merecen. En un sistema donde las riquezas se concentran cada vez más en menos gente, lo comercial siempre estará por arriba de la salud social. Un claro ejemplo de que el sistema es comercial y no importa nada más que el comercio lo tenemos cuando se prohíbe el uso de un pesticida, pero dando un tiempo suficiente, desde su prohibición, para comercializar y acabar el stock existente de estos productos. Es decir, si un pesticida se prohíbe es porque hay pruebas irrefutables del peligro de su uso y existe un número considerable de víctimas, a pesar de eso se puede vender y, por lo tanto, usar todo lo que quede. Luego aparecen industrias un tanto clandestinas que empiezan a producir nuevamente estos productos que la industria que lo creó dejó de fabricar, por su prohibición o por el vencimiento de la patente, de esta forma los principios activos prohibidos siguen siendo comercializados y usados. Ante estos hechos, ¿quién puede ser tan ingenuo como para poner la mano al fuego por el sistema en el que vivimos suponiendo que, si algo hace mal a la sociedad, esta se encarga de eliminarlo casi por inercia?

Estos tipos de leyes, que “regulan” el uso de pesticidas, no son para nada nuevas, Carson, en 1962, ya escribía sobre los graves errores que presentan los LMR:

Un animal de laboratorio que vive en condiciones de vigilancia y en un medio completamente artificial, cuando ingiere determinada cantidad de sustancias químicas es muy distinto de un ser humano, cuyos contactos con plaguicidas no solo son múltiples, sino desconocidos para la mayoría, incontrolables e intasables. Incluso si 7 micrones de gramo de DDT en la lechuga de su ensalada fuesen “inocuos”, la comida incluye otros alimentos, cada uno con residuos autorizables, mientras que los plaguicidas en su comida son, como ya hemos visto, solo una parte de su contacto total con esos venenos. Este amontonamiento de productos químicos de diferentes procedencias, crea una exposición

que no puede ser calculada. Por consiguiente, no tiene significado el hablar de “inocuidad” al referirse a ninguna cantidad específica de sustancias químicas.

Esta científica, basada en la capacidad más maravillosa de nuestra raza: *pensar*, no necesitó que las estadísticas le susurraran al oído lo que debía decir, sino que mostró con suma claridad y lógica la realidad de la cuestión. Décadas más tarde, Servan-Schreiber (op. cit.) también mencionó lo mismo, refiriéndose al efecto combinatorio de principios activos como “efecto cóctel”. Los estudios de toxicidad se hacen según la ciencia convencional, es decir, de la forma menos parecida a la realidad: *aislando factores*, así es como se prueban principios activos por separado y nunca las combinaciones que realmente ingresan a nuestro organismo, lo que resulta ser, actualmente, incalculable. Kortenkamp (2008) demostró que las sustancias químicas que parecían inofensivas en dosis bajas, en condiciones de laboratorio, se volvían bastante tóxicas cuando se combinaban con otros principios activos. Relyea (2009) evidenció nuevamente el efecto demoleedor del cóctel de principios activos: tomando de manera aislada y a su máxima cantidad permitida, cada pesticida estudiado no producía ningún impacto, pero cuando se combinaron incluso en dosis aceptables obtuvo la muerte del 99% de la población estudiada (en este caso se trabajó con ecosistemas acuáticos y se estudió el impacto del efecto cóctel en renacuajos). El efecto tóxico sinérgico por la combinación entre distintos pesticidas y metales pesados también fue demostrado por Uwizeyimana *et al.* (2017) sobre poblaciones de lombrices en el suelo. También lo demostró recientemente Gomes y equipo (2021), al encontrar que los fungicidas Amistar (azoxystrobin/cyproconazole) y Prosaro (prothioconazole/tebuconazole) son más tóxicos para lombrices de tierra que si se los compara con sus ingredientes activos por separado.

Los alimentos que consumimos, sean de origen animal o vegetal, como ya hemos visto, no solo vienen con menores cantidades de sustancias nutritivas (baja calidad biológica), sino que además están cargados de principios activos formando verdaderos cócteles químicos nocivos para la salud humana. La Tabla N° 16, más abajo, muestra un claro ejemplo y, además, revela que ni siquiera los límites de cada pesticida analizado individualmente respetan la Ley N° 20.418 con sus máximos permitidos.

Lepori *et al.* (2013) mostraron un estudio donde se analizaron 150 muestras de manteca recogidas de varios lugares en las ciudades de Santa Fe y Rosario (Argentina) en un periodo de 18 meses. La mayoría de las muestras contenían residuos de  $\gamma$ -HCH (lindano) y heptacloro (92% y 78%, respectivamente),  $\alpha$ -HCH y Aldrin en el 58 y 55% (respectivamente) de las muestras; también se detectó dieldrin e isómeros del DDT en algunos casos (30%). Ceca, en 2012, debido a la lipoafinidad de los pesticidas, encontró los mismos agroquímicos que Lepori y su equipo en muestras de leche materna en poblaciones urbanas y rurales de Argentina. Otra investigación argentina, publicada en la revista *Breast cancer research*, determinó asociaciones positivas entre niveles de pesticidas organoclorados en el tejido adiposo mamario y el consumo de grasa animal y pescado de río. El estudio fue realizado por el Laboratorio de Endocrinología y Tumores Hormonodependientes, de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. Los residuos de plaguicidas fueron encontrados en 76 mujeres que vivían en Santa Fe y sus alrededores, no expuestas laboralmente a esos tóxicos, que fueron a hacerse biopsias por lesiones mamarias o tuvieron cirugías plásticas. “Esta gente incorporó el pesticida comiendo”, sugiere el estudio. Se trata del primer reporte completo de la Argentina en cuanto a las concentraciones de residuos de organoclorados en mujeres de los últimos 30 años (Muños de Toro *et al.*, 2006).

Actualmente también podemos encontrar glifosato en leche materna, lo que refleja que el cóctel empieza a ser ingerido desde *muy temprana edad*<sup>39</sup>.

---

39- “Los experimentos han demostrado que cuanto más joven es el animal (o humano) está más sujeto a los efectos de los agentes productores de cáncer” (Carson, 1962).

Tabla N° 16: Concentraciones de residuos de plaguicidas encontrados en alimentos procedentes de Argentina: Límite Máximo de Residuos (MRL) y cuánto exceden en Porcentaje el MRL

Alimento	Residuo de plaguicida	Resultado (mg/kg)	MRL (mg/kg)	Excede del MRL (%)
Manzana	Tiofanate-metil	1,12	0,5	124
Manzana	Tiofanate-metil	1,7	0,5	240
Manzana	Lambda-cihalotrina	0,125	0,1	25
Manzana	Azinfos-metil	0,95	0,5	90
Limón	Imazalil	5,5	5	10
Limón	Imazalil	5,5	5	10
Pera	Carbendazim	0,295	0,2	48
Ciruela	Dicofol	0,1	0,02	400

Fuente: Lepori *et al.*, op. cit.

En 2018, el periodista Juan Pablo Parrilla publicó en *Infobae* los trabajos de algunos controles del SENASA sobre frutas comercializadas en el Mercado Central de Buenos Aires. Los resultados fueron alarmantes al encontrarse un total de 80 agroquímicos distintos, varios de ellos prohibidos y otros no autorizados. En acelgas, por ejemplo, se hallaron restos de 28 agroquímicos, 16 de los cuales no están autorizados para ese cultivo y 3 de ellos están prohibidos (DDT, endosulfán y metamidofos), además de varios agroquímicos con valores por encima de los límites autorizados. Tal es el caso de la deltametrina: el máximo permitido es de 0,05 mg/kg, pero en una partida de Misiones se detectó 2,2 mg/kg, es decir, 44 veces por encima del límite legal. Si esto ocurre en un mercado donde teóricamente se comercializan las frutas y verduras mejor producidas, *¿cómo estará la situación en nuestra provincia?*

En Jujuy, tal información no parece estar muy actualizada ni mucho menos divulgada. Por ejemplo, en 1998, Bovi Mitre y Bardón encontraron fungicida Zineb en el 63% de las muestras de tomate analizadas. Más tarde, Wierna y equipo (2005) encontraron el mismo fungicida en el 100% de las muestras de espinaca analizadas. Un profesional de la salud que recomienda comer espinaca a una embarazada o a un niño debería tener

en cuenta este detalle, pues el problema de los dictiocarbamatos como el Zineb, Maneb y Mancozeb (ampliamente utilizados en producción hortícola en nuestra provincia) es que demostraron ser teratogénicos, cancerígenos y mutagénicos en pruebas con animales; y, además, en su proceso de degradación o metabolización producen etilentiourea, proceso que se ve favorecido cuando los alimentos con estos fungicidas se cocinan al vapor o se hierven, como fue demostrado por científicos de nuestra provincia (Ríos *et al.*, 2016). Estos autores mencionan que la etilentiourea induce daños al ADN, riñón, pulmón y bazo en ratones. Y, como si esto fuera poco, encontraron que el tiempo de carencia<sup>40</sup> establecido por la legislación -acional (15 días para acelgas) es corto, demostrando experimentalmente que recién a los 36 días posteriores a su aplicación se debe cosechar el producto. Finalmente recomendaron:

Discutir la reglamentación argentina vigente en cuanto a los tiempos de carencia los cuales, indefectiblemente, deben determinarse experimentalmente, ya que están muy alejados de la realidad, son demasiado cortos frente a la permanencia de tóxicos en los cultivos. Se recomienda revisar la reglamentación respecto a los LMR establecidos en Argentina ya que son valores más altos que los establecidos en legislaciones internacionales e incorporar la discusión de metabolitos y productos de degradación de los plaguicidas que se generan en productos alimenticios. No es suficiente establecer dosis recomendadas en el manejo de agroquímicos en cultivos de uso masivo (*ibíd.*).

Es importante resaltar que, si 15 días sin aplicar venenos es raro en un sistema hortícola convencional, donde todo parece pudrirse con facilidad, 36 días sin aplicar nada es un suceso aún mucho más raro.

La discusión “agroquímicos y salud” se pone tensa cuando profesionales reconocidos del sector agropecuario actúan de una forma demás legalista, como religiosos, haciendo de la ciencia su Dios y de las revistas científicas su biblia. Entonces, para ellos, todo lo que se diga y no lo hayan dicho ni la ciencia ni las revistas científicas es poco considerado. En otras palabras, todo tiene que ser demostrado científicamente, de lo contrario carece de

40- Tiempo que se debería esperar luego de la aplicación de un pesticida sobre una fruta o verdura, para recién cosechar y así evitar posibles intoxicaciones en los consumidores.

valor y los pesticidas se pueden seguir usando. Recordemos lo simplista que es la ciencia al aislar factores tratando de explicar lo complejo de la realidad, donde casi nunca la suma de las partes es igual al todo. Para dejar más claro lo que queremos decir, tomemos las palabras del pediatra cordobés Ricardo Fernández (citado en Barruti, 2013):

La falta de pruebas no puede llevarnos a concluir que las consecuencias no son tales, sino que lo que muestran es que no se han hecho las investigaciones suficientes por lo cual es doblemente necesario preservar a la población ante la inquietud. Te doy un ejemplo. Se podría decir que el endosulfán produce mayores tasas de chicos con autismo si sus madres fueron expuestas al insecticida en el segundo trimestre de su embarazo. Imaginate las dificultades metodológicas que existen para poder tener esta evidencia, para mostrar cómo se genera ese daño. Y sin embargo hay quienes todavía plantean el asunto en esos términos.

Siguiendo el razonamiento de Fernández y para completar, cabe que nos preguntemos: *¿Quién financiaría un estudio como ese?*

Volviendo a los niños y al efecto cancerígeno de los únicos pesticidas que se rastrearon en hortalizas en mercados de Jujuy, Fernández dice:

Los niños tienen mayor absorción intestinal que los adultos y, al no haber completado el desarrollo de todos los sistemas, tienen menos mecanismos detoxificadores. Ellos necesitan ingerir más alimentos y tienen una dieta más restringida, lo que hace que la exposición a los plaguicidas en sus primeros cinco años represente el 50 por ciento de la exposición que van a tener a lo largo de todas sus vidas.

Tratando de paliar el resultado de todas estas cuestiones que ponen en “jaque mate” a una institución que, al ser Estatal, debería primeramente velar por la salud del Estado, en 2018, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Mendoza publicó como noticia en su web un estudio<sup>41</sup> que, revelando la presencia de un coctel de agrotóxicos en lechugas

---

41- Consultado (en línea) el 28/01/21, en <https://inta.gob.ar/noticias/el-inta-investiga-los-residuos-de-pesticidas-en-las-hortalizas-mas-consumidas-y-recomienda-tratamientos-domesticos>).

y tomates, propuso al consumidor que una buena estrategia para disminuir las dosis de veneno consiste en pelar los tomates antes de comerlos. En otras palabras, los consumidores debemos elegir entre la fibra o el veneno y casi siempre terminar sufriendo la inconsciencia y falta de ética de los profesionales y productores agropecuarios.

Esta desgracia alimentaria se debe, en gran parte, a que las instituciones de investigación mantenidas por el Estado invierten una inmensa cantidad de recursos humanos en empresas y productores de gran envergadura<sup>42</sup>. Por ejemplo, en la temporada 2014-2015 de frutas de pepita y carozo de Neuquén, el INTA proveyó al sector privado una guía con los “agroquímicos permitidos” y sus respectivos “límites máximos de residuos”, para que los productores manejaran las aplicaciones y el control fitosanitario bajo *buenas prácticas agrícolas*, para lograr vender su producción al mercado externo (Brasil, USA, Rusia y Unión Europea). Debido a que dichos mercados, que pagan un mejor precio, exigen “inocuidad” en los alimentos que compran, ante cualquier incumplimiento el producto no sale del país. Entonces, cabe que nos preguntemos: ¿Qué se hace con los productos rechazados por no cumplir con este requisito? ¿Será entonces que los *argentinos comemos productos contaminados que el extranjero no quiere comprar*? Este es otro

42- Que no se malinterpreten mis intenciones: no trato de poner al lector en contra de las grandes empresas o de los grandes productores, ellos generan muchos ingresos al Estado que luego son usados para obras públicas (o así debería ser), generan fuentes de trabajo y son los mayores proveedores de alimentos en el mundo, por esta razón surgió la necesidad de escalar los Pilares Agroecológicos.

Lo que quiero hacer notar es la falta de conciencia social generaliza: debemos también apoyar y enseñar al pequeño productor a producir alimento de forma económica y éticamente apropiada; ya que los pequeños productores representan el 74% del total de productores en Argentina y, como vimos, ellos tienen un menor poder adquisitivo y, a su vez, abastecen los mercados locales. Recordemos que en la Ley 21.680, Art. 2° inciso c se menciona que el INTA debe apoyar a las familias rurales con asistencia educacional, técnica y cultural, buscando su bienestar y el mejoramiento de la comunidad que integra. Y, sin embargo, desde su creación (1956) hasta la actualidad, se han perdido más del 40% de las Explotaciones Agropecuarias Permanentes en nuestro país, es decir, ocurrió una masiva migración de familias rurales hacia las ciudades y sus periferias (villas).

La Agroecología no solo se adapta a la producción a escala, sino que, a diferencia del Manejo Integrado de Plagas, es compatible con los productores con menos recursos. De hecho, la Agroecología ha sobrevivido al entierro industrial gracias a la incapacidad de los pequeños de comprar el paquete tecnológico y de optar, entonces, por prácticas sin uso de insumo industrial.

claro ejemplo de que los intereses de generar ingresos (impuestos a la exportación) superan ampliamente los intereses por la salud de la sociedad, como si esto no generara costos al Estado<sup>43</sup>.

Es sabido que la Comisión Nacional Asesora Permanente del Tabaco (Ley 19.800) fue creada para que la producción de tabaco sea prolija, es decir, que no se produzca de más para no afectar negativamente el precio del tabaco (sobreoferta), para conseguir mejores mercados, para subsidiar a los productores con un sobrepeso en manos del Fondo Especial del Tabaco (FET), el cual paga el consumidor. El mercado exterior del tabaco no admite residuos de ciertos agrotóxicos en las hojas del tabaco que compran, por lo tanto, dicha Comisión también se encarga de asesorar a los productores tabacaleros para que usen responsablemente los productos químicos y así poder concretar sin problema alguno el mercado. Entonces, si esto ocurre con el tabaco, del cual se sabe que su consumo es perjudicial para la salud humana, ¿por qué NO hay una organización similar para regular la producción de hortalizas, que permita al productor NO dejar a la suerte las especies y cantidades de cada hortaliza a sembrar (produciéndose sobreoferta de algunas hortalizas y suboferta de otras); y para que se los asesore con el fin de que los productores NO utilicen “a su antojo” y/o de forma irracional los agrotóxicos?, ¿será que importa más la salud del fumador chino que la de los ciudadanos argentinos? (Medina, 2017). Nuevamente el interés económico por sobre el bienestar de la sociedad.

Ante estos hechos, ningún científico debería cerrar su cabeza bajo la premisa legalista “muéstrame el trabajo científico y publicado que lo demuestre”, sino, más bien, debería utilizar su capacidad de razonar sin prejuicios ni intereses personales para dar respuestas que contribuyan a combatir las catástrofes socio-ambientales que estamos viviendo; o, por lo menos, NO ESTORBAR oponiéndose a los que buscan contribuir a tal objetivo ¿No es el deber de todo profesional trabajar por el bien de la Patria?

---

43- Ver el “costo estatal” que genera la falta de ingesta de microelementos (Espagnol y Carmuega, 2010).

## La enseñanza trofobiótica de las abejas

Para cerrar la idea de “trofobiosis”, es decir, la relación entre alimentación y salud, es conveniente dejar un ejemplo realmente notorio que ocurre en la naturaleza: *las abejas*.

De un huevo de abeja reina pueden resultar individuos con funcionalidades y características morfológicas (fenotipo) muy diferentes *¿Cómo puede resultar de un mismo genoma (huevo) una abeja obrera o una abeja reina?* La respuesta está en la alimentación: las obreras alimentan con jalea real a la larva que desean convertir en reina, este solo cambio en la alimentación permite obtener a partir de la misma genética una abeja fértil que puede vivir más de dos años, a diferencia de una abeja obrera estéril que vive en promedio 35 días en primavera.

Hasta que la biología, agronomía, nutrición y medicina no se asocien, los problemas de salud pública no se solucionarán. Podremos formular mejores tratamientos y tecnologías de detección temprana de enfermedad, pero en un ambiente enfermo no pueden resultar personas sanas o, que es lo mismo, en un ambiente enfermo cuesta más dinero estar sano. Esto puede explicar por qué la esperanza de vida aumenta para los más ricos. Queda para las/los lectoras/res la Tabla N° 17 que habla por sí sola.

Tabla N° 17: Evolución de la población argentina y el costo en salud per cápita

Año	Población Argentina	Variación	Costo en Salud per cápita	Variación
2000	36.870.000	-	US\$ 705,2	-
2010	40.117.096	+8,8%	US\$ 891,14	+26,37%
2015	43.131.966	+7,5%	US\$ 1305,4	+46,49%
2020	45.376.763	+5,2%	Sin datos	-

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del Banco Mundial y el Instituto Geográfico Nacional.

Notemos entonces que el solo hablar de costo per cápita hace innecesaria la mención del aumento poblacional, pues ya está contemplado en su cálculo, sin embargo, la tabla permite resaltar que el aumento poblacional no responde de manera lineal y proporcional al aumento de enfermedades humanas, como algunos médicos quieren hacernos creer. Es importante destacar esto, pues si seguimos creyendo que estar enfermo

es típico del aumento poblacional, entonces estamos destinados a vivir enfermos.

De la Tabla N° 16 también se pretende recalcar que todo lo que dejamos de obtener del ambiente (nutrientes, probióticos, etc.) hay que comprarlo en una farmacia.

## **Conclusiones**

- Un fruto que llega a su madurez de forma natural sin haber sufrido ataques de fitófagos es un fruto que contiene la máxima calidad biológica que puede ofrecer.
- Un fruto que en condiciones naturales no llega a la madurez, debido al ataque de fitófagos, era un fruto cuya calidad biológica era inferior a la que podía ofrecer.
- Los dos puntos anteriores explican por qué, evolutivamente, los seres humanos hemos desarrollado un reflejo innato de repulsión hacia alimentos dañados y/o en proceso de putrefacción. Es la Naturaleza quien nos indica que un fruto es mejor no comer, bajo el accionar de las herramientas naturales que evitan que el desequilibrio sea transmitido a niveles tróficos superiores.
- Los agroquímicos permitieron eliminar los daños y putrefacción, obteniendo así frutos desequilibrados sin síntomas de ataque; pero transfirieron el desequilibrio a nuestro organismo, el cual, combinado con el cóctel de químicos, producen un resultado nefasto sinérgico sobre nuestras células.
- El primer paso para la protección de cultivos es evitar cualquier forma de estrés: desde la selección correcta de variedades a cultivar (las más adaptadas al ambiente de la zona), hasta el manejo correcto del riego (si fuese el caso) y la nutrición, que en Agroecología sería la promoción de la fertilidad natural mediante la conservación y/o aumento de la Materia Orgánica Humificada, lo que produce mayor resiliencia ante factores de estrés que no podemos controlar. Esto último se traduce, a su vez, en mantenimiento o mejora de la estructura, ciclo etilénico, trabajo biocenótico, reciclado de

nutrientes, transmutación biológica y otros procesos naturales que desconocemos, que, en conjunto, permiten obtener cosechas equilibradas entre cantidad y calidad con bajo aporte de energía fósil; tendiendo siempre hacia un incremento de la fertilidad del suelo.

CAPÍTULO 9

**BIOCENOSIS DEL SUELO**

La Biocenosis del suelo se refiere a las comunidades que habitan en el suelo y que juntas mantienen el funcionamiento de la fertilidad natural del mismo y, por lo tanto, del ecosistema y nuestra salud. Incluye macro, meso y microorganismos, junto a todas las relaciones que ocurren entre ellos y con las plantas. Siendo estas últimas, como organismos autótrofos, las iniciadoras de la vida del suelo al proporcionarle energía aprovechable mediante exudados radiculares y restos vegetales muertos (materia orgánica fresca).

### **Microorganismos**

Hemos venido mencionando la importancia de los microorganismos para el ciclo etilénico en el suelo, para el aporte de nitrógeno orgánico mediante el constante crecer y morir de los microorganismos, para la obtención de elementos minerales deficientes mediante la transmutación biológica de los elementos; y del papel de las micorrizas en la estructuración del suelo mediante la glomalina y su capacidad para agregar partículas de forma estable, y el rol nutricional sobre las plantas al facilitarles agua, nitrógeno orgánico, fósforo, hierro y otros minerales que a las plantas se les dificulta tomar sin su ayuda. De hecho, son muy pocas las plantas que pueden crecer normalmente en ausencia de micorrizas como, por ejemplo, las crucíferas o brasicáceas.

Muchos de los beneficios de los microorganismos del suelo son de antiguo conocimiento. Howard, en 1940, ya había publicado un libro basado en el papel fundamental de las micorrizas para la salud de los cultivos,

describiendo a la asociación micorrícica como “el puente vivo de hongos entre el humus del suelo y la savia de las plantas”. En 1971 ya se sabía que, del total de microorganismos aislados de la rizósfera<sup>44</sup>, el 80% producía por lo menos una de 9 vitaminas estimuladoras del crecimiento vegetal (tiamina, biotina) y/o alguna hormona de crecimiento (Gray y Williams, 1971). En esa época ya se habían descubierto bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno y productoras de hormonas de crecimiento vegetal (auxinas, por ejemplo), como es el caso de *Azotobacter*; además de hongos del género *Acrostalagmus*, *Harposporium*, *Arthrobotrys* y *Dactylella*, cazadores de nematodos (Gray y Williams, *ibíd.*). Ya se sabía, también, sobre el efecto protector que tienen los microorganismos habitantes de la rizósfera, que van desde producción de antibióticos específicos (por ejemplo, los actinomicetos o actinobacterias del género *Nocardioides*, *Ilumatobacter* y *Gaiella* producen antibióticos que inhiben el potencial patógeno de *Fusarium oxysporum* y *Alternaria solani*) y gases inhibidores (etileno, por ejemplo) hasta barreras físicas contra patógenos. En nuestra Facultad de Ciencias Agrarias (UNJu) se han realizado numerosos estudios sobre las bondades de *Trichoderma*, *Beauveria* y *Bacillus* para las plantas, estudios que no dejan de mostrar lo sorprendente que son los microorganismos del suelo. Sin embargo, la mayoría de los microbios que se pueden observar en una cucharada de suelo, con un microscopio electrónico de gran potencia, ni siquiera se han nombrado aún y menos todavía comprendido sus interacciones dentro de la comunidad del suelo (Savory y Butterfield, 2019). De hecho, “los microorganismos que pueden cultivarse para ser estudiados, en detalle, representan tan solo el 1% de la microbiología de la naturaleza, no sólo en términos cuantitativos sino también cualitativamente, con respecto a su diversidad microbiana” (Wall *et al.*, 2019.). Fue gracias a las técnicas moleculares que se ha podido tener una aproximación mucho más real de la diversidad microbiológica del planeta, “de repente, estábamos menos solos en el universo de lo que solíamos estar o que suponíamos estar” (*ibíd.*). Y con esto surgió un nuevo concepto: “*Microbioma*”. Wall *et al.*, (*ibíd.*) lo definen como: “conjunto de microorganismos que habita un lugar, en forma organizada, en comunidades complejas formadas por hongos, bacterias y arqueas, incluyendo una gran

---

44- “Los microorganismos, que pueden cultivarse para ser estudiados en detalle, representan tan solo el 1% de la microbiología de la naturaleza” (Wall *et al.*, 2019).

diversidad acorde a las diversas funciones que cumplen estos organismos en el sistema”. Al igual que el suelo, las plantas y los seres humanos tenemos en nuestra constitución más células microbianas que células vegetales y humanas respectivamente (ibíd.). Se ha estimado que los microbios en nuestros cuerpos forman colectivamente hasta 100 billones de células, es decir, 10 veces el número de células humanas; por lo tanto, se cree que codifican 100 veces más genes que nuestro propio genoma (Qin *et al.*, 2010). Y estos microorganismos tienen, por lo tanto (por cuestiones de coevolución), una inmensa influencia en la fisiología humana (ibíd.) y vegetal (Wall *et al.*, op. cit.), poniendo en jaque a la mirada convencional de estas ciencias. Por ejemplo, la agronomía convencional estudia la fisiología vegetal considerando a las plantas como organismos totalmente libres e independientes de cualquier microorganismo, lo cual resulta estar muy alejado de la realidad. Este nuevo paradigma microbiológico quebranta aún más la teoría de nutrición “salina” de las plantas como única o mejor opción. Y, al mismo tiempo, respalda y realza la importancia de la nutrición orgánica de las plantas, donde los microbios juegan, como hemos visto, un papel fundamental en la misma ¿Y qué hay del efecto de la esterilización compulsiva sobre nuestro microbioma y el del suelo?

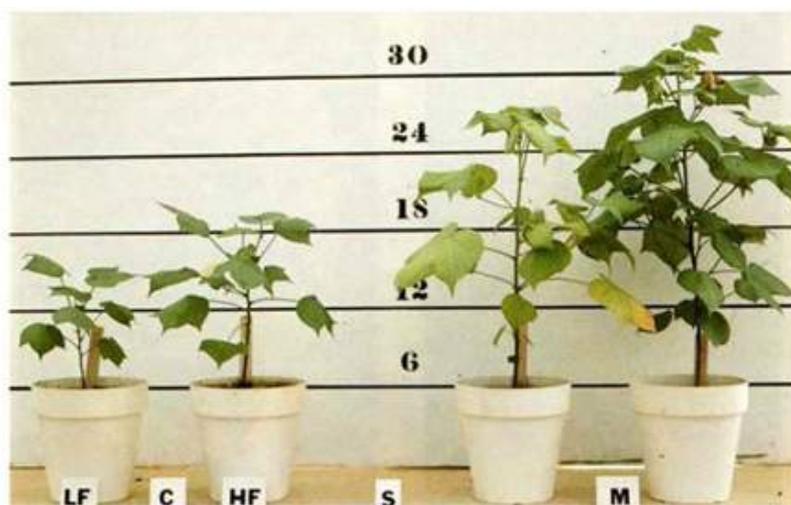
Para responder la pregunta anterior, primero, viene bien tener en cuenta las siguientes palabras que expresaron algunos pensadores: “Sabemos más del movimiento de los cuerpos celestes que del suelo que pisamos (Da Vinci, 1452-1519); “La ironía es que la ciencia ha servido para mostrar cuán pequeño es el conocimiento humano” (Fukuoka, 1988).

También es conveniente agregar algunos estudios referentes a las micorrizas y su relación con el sistema de defensa de las plantas, debido a que, como vimos, es de vital importancia para una “protección agroecológica de cultivos”.

Ya se sabía que la asociación micorrizal podía limitar el ataque de nematodos fitófagos. Por ejemplo, Hussey y Roncadori, en 1982, demostraron que la influencia de la asociación micorrizal sobre la resistencia y tolerancia de plantas a nematodos pueden cambiar dramáticamente, es decir, plantas

que en condiciones de esterilidad total<sup>45</sup> son susceptibles a nematodos, pueden resistir o tolerar si son inoculadas con micorrizas (ver Imagen N° 9).

Imagen N° 9: Respuestas de un cultivar de algodón susceptible a *Meloidogyne incognita*, frente a la inoculación con micorriza (*Gigaspora margarita*)



Nota: Los cuatros ejemplares fueron sembrados el mismo día. Son plantas de un mismo cultivar de algodón susceptible a nematodos. Izquierda: plantas inoculadas con *M. incognita* a baja (LF) y alta (HF) fertilidad. Derecha: plantas inoculadas con *M. incognita* y *G. margarita*, también a baja y alta fertilidad.

Fuente: Hussey y Roncadori, op. cit.

Estos autores pusieron en la mesa la necesidad de reevaluar los métodos químicos de control de nematodos y la utilización de fertilizantes de alta solubilidad, ya que ambos limitan el crecimiento microbiológico; los fertilizantes no solo por un efecto osmótico sobre las células microbianas

---

45- El suelo es tan complejo que, para estudiarlo bajo la ciencia convencional, es necesario suprimir todos los factores que no van a ser analizados. Es por eso que, si se quiere determinar la patogenicidad de nematodos frente a distintas variedades de plantas, se debe esterilizar el suelo para luego inocularlo con nematodos, de esta forma las plantas se siembran en macetas donde solo habrá interacción planta-nematodo. Además, la esterilización libera nutrientes disponibles para las plantas (Pernilla Brinkman *et al.*, 2010). En consecuencia, los resultados que se obtengan estarán *siempre* muy distantes a lo que realmente ocurre en el campo.

(plasmólisis), sino también porque las plantas que reciben nutrientes de forma soluble dejan de suministrar carbono a la microbiología del suelo. Este fenómeno podría ocurrir, en general, con los microorganismos que facilitan nutrientes a las plantas, debido a que, si la planta los recibe sin su ayuda, deja de exudar nutrientes a cambio. Por ejemplo, la fertilización nitrogenada no solo limita la infección con micorrizas (Brinkman *et al.*, 2010), sino también la infección con bacterias simbiotas fijadoras de nitrógeno (Wild, 1992). Además, hemos podido observar en plantines de pimientos que, cuando se producen sobre un sustrato estéril y con fertilización química, la cantidad de raicillas absorbentes es muy limitada e incomparable con la cantidad que producen cuando crecen sobre un sustrato vivo (en este caso fue lombricompost) y sin fertilización química; además estos plantines mostraron infección con micorrizas (la cual no fue inoculada al sustrato), a diferencia de los primeros donde no se observó asociación, a pesar de que *el sustrato inerte comprado había sido inoculado con micorrizas comerciales*<sup>46</sup>. Esto mostró que las plantas responden a los fertilizantes de alta solubilidad, no solo con un cese de exudación radicular, sino también con una baja tasa de producción de raicillas absorbentes debido a no tener la necesidad de buscar nutrientes ni de interactuar con microorganismos para absorberlos (= plantas viciosas).

Finalmente, Hussey y Roncadori (op. cit.) afirmaron desconocer los mecanismos precisos de estos beneficios de las micorrizas frente a los nematodos, suponiendo no solo un efecto indirecto al proporcionar nutrientes a las plantas, sino también un efecto directo que produciría la micorriza al ocupar el mismo espacio que el nematodo.

Décadas más tarde, Vos y su equipo de investigación (2012), trabajando con plantas de banana, encontraron que las plantas micorrizadas emitían un exudado distinto al de las plantas no micorrizadas, el cual ejercía un efecto repulsivo hacia el nematodo, similar al efecto repulsivo del exudado radicular de las caléndulas (*Calendula officinalis*). Es decir, estos

---

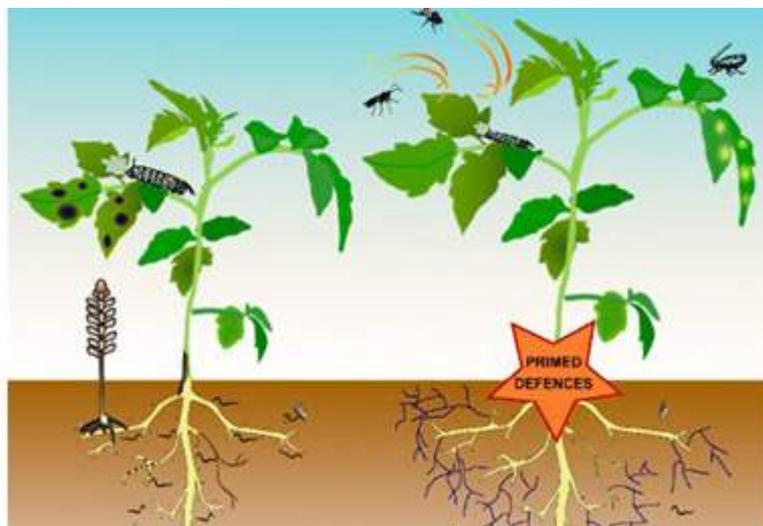
46- Distintos microorganismos se venden comercialmente debido a los beneficios que ningún químico puede reemplazar. El problema es que las prácticas de manejo son poco compatibles, hasta incompatibles, con la vida; en consecuencia, muchas veces el productor gasta en bioinsumo que termina desperdiciando al usar productos químicos que acaban eliminando o minimizando sus beneficios.

investigadores encontraron una infección por nematodos significativamente menor en raíces micorrizadas frente a raíces de banano no micorrizadas. Paralelamente, Jung *et al.* (2012) enunciaron lo mismo y agregaron que, además, como los hongos micorrícicos comparten algunas similitudes con los patógenos (deben infectar la planta), pueden desencadenar respuestas de defensa de las plantas en las etapas iniciales. Por lo tanto, para una colonización exitosa, el hongo tiene que hacer frente a estas reacciones y modular activamente las respuestas de las plantas; esto resulta en un precondicionamiento de los tejidos para una activación eficiente de las defensas de la planta en un ataque desafiante, un fenómeno que se llama *cebado*, es decir, un estado de “alerta” en el que las defensas no se expresan activamente, pero en las que la respuesta a un ataque ocurre más rápido y/o más fuerte en comparación con las plantas no expuestas previamente al estímulo de cebado, lo que aumenta la resistencia de la planta de manera eficiente. Este efecto cebador puede producirlo, posiblemente, cualquier microorganismo simbiote que deba infectar a la planta, como las *Trichodermas*, rizobacterias fijadoras de nitrógeno, entre otros ejemplos.

Un año más tarde, Vos *et al.* (2013) publicaron otro trabajo que realizaron utilizando técnicas moleculares en plantas de tomate, demostraron que las micorrizas alteraban la expresión génica de las plantas hacia una estimulación de la vía del fenilpropanoide y el metabolismo de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS); procesos que juegan un papel fundamental en la resistencia de las plantas a los nematodos, y que dependen de la capacidad proteosintética de la planta.

Vemos entonces que, a pesar de los enormes avances científicos, desde 1940 se sabe con suma certeza que las micorrizas (al igual que toda la vida del suelo) son de vital importancia para una producción agrícola independiente de insumos químicos, sin embargo, pocas veces se mencionan a las micorrizas con el peso que merecen. El Esquema Nº 5 resume los beneficios de las micorrizas sobre las plantas micorrizadas.

Esquema N° 5: Resumen de los principales efectos de la Micorrización en la resistencia al estrés biótico de las plantas



Fuente: Jung *et al.*, op. cit.

En el esquema, “-AMF” significa “Planta no micorrizada”. La no micorrización conduce a un mayor desarrollo de los síntomas en respuesta al ataque de patógenos y artrópodos fitófagos en comparación con las plantas micorrizadas. La liberación de la fitohormona estrigolactonas (SL), como parte de los exudados de la raíz, induce la ramificación de las hifas de micorrizas para promover la micorrización, pero también induce la germinación de las semillas de *Orobanchaceae* (y otras plantas parásitas), que luego parasitan el sistema radicular de las plantas huésped.

Así, también, “+ AMF” significa “Planta micorrizada”. La red de hifas de hongos de micorrizas (representada en azul) facilita la obtención de nutrientes y agua, lo que se refleja en un mejor crecimiento de la planta infectada. Los cambios en los patrones de exudado de la raíz repelen los nematodos e inducen cambios en la comunidad microbiana del suelo, posiblemente atrayendo antagonistas de patógenos y una liberación reducida de SL, por lo tanto, minimizando el riesgo de infección por las plantas parásitas de la raíz. El cebado de las defensas de las plantas conduce a una reducción general de la incidencia y/o el daño causado por patógenos

transmitidos por el suelo, nematodos e insectos masticadores. En las partes aéreas de la planta, los mecanismos de defensas reguladas con jasmonato restringen el desarrollo de patógenos necrotróficos y el rendimiento de los insectos fitófagos. Las defensas indirectas, como la liberación de volátiles, aumentan, y los parasitoides son atraídos eficientemente.

En cuanto a microbios no asociados a las raíces vivas de las plantas, los microorganismos descomponedores juegan un papel fundamental en el reciclaje de nutrientes (como ya hemos visto en el capítulo 6). Además, constituyen una fuente de energía constante que facilitan procesos de transmutación para la obtención de minerales deficientes (capítulo 6) y proporcionan Nitrógeno Orgánico vital para la nutrición equilibrada de las plantas (capítulo 3). Todos son procesos naturales de suma importancia para mantener un alto nivel de fertilidad que nos permita obtener cosechas equilibradas entre cantidad y calidad, trabajando bajo la Ley de Fertilidad Creciente.

Podemos resumir los beneficios de la microbiología del suelo de la siguiente manera:

- Influencia *negativa directa* sobre el desempeño de microorganismos patógenos y nematodos fitófagos mediante predación, producción de inhibidores de diversos tipos (antibióticos, gas etileno, etc.), efectos antagonistas de ocupación de espacio y barreras físicas.
- Influencia *negativa indirecta* sobre el desempeño de patógenos y fitófagos de raíz, tallo, hojas y frutos:
  - Por influir directamente sobre el sistema defensivo de las plantas, estimulando la expresión génica de sustancias defensivas y/o modificando la naturaleza de los exudados (repulsión de fitófagos y atracción de microbios benéficos)
  - Por estimular la proteosíntesis, al facilitar nutrientes en forma equilibrada, proporcionando sustancias promotoras del crecimiento (vitaminas, hormonas)<sup>47</sup> y generando una

---

47- Este beneficio de los microbios hizo que el enriquecimiento microbiológico del suelo sea utilizado para la biofortificación de alimentos, es decir, para obtener alimentos ricos en minerales y vitaminas, para combatir el “hambre oculto”. Esta práctica, a diferencia de la biofortificación basada en mejoramiento genético e ingeniería metabólica, es mucho

estructura estable del suelo; en otras palabras, aumentando la fertilidad del suelo.

En consecuencia, actualmente se sabe con suma certeza que a mayor actividad microbiana del suelo (mayor diversidad y cantidad de microorganismos) mayor es la sanidad de los cultivos (Gray y Williams, op. cit.; Schnitzer *et al.*, 2011; Zaho *et al.* 2019; Ampt *et al.*, 2019; Ku *et al.*, 2019; van Ruijve *et al.*, 2020).

La relación entre la diversidad de plantas y la productividad de la planta se ve afectada por la esterilización del suelo y la aplicación de fungicidas (Ampt *et al.*, op. cit.).

### **Meso y Macroorganismos**

Incluyen una inmensidad de especies, de hecho, se cree que el suelo alberga una gran parte de la biodiversidad del mundo (Menta, 2012). Entre los mesoorganismos podemos encontrar nematodos, ácaros, colémbolos, enquitréidos, sínfilos, quilópodos, paurópodos, etc. (ver Esquema N° 6). Entre los macroorganismos podemos encontrar escarabajos, arañas, opiliones, diplópodos, quilópodos, pseudoescorpión, caracoles, lombrices, hormigas, termitas. Todos en conjunto cumplen funciones importantes para el funcionamiento del ecosistema, principalmente, basados en el reciclaje de materia y estructuración del suelo. En esta oportunidad solo vamos a detenernos en algunos de ellos.

---

más económica y práctica (Ku *et al.*, 2019), lo que la hace más inclusiva; en otras palabras, los alimentos fortificados también pueden estar al alcance de gente con escasos recursos sin que signifique un costo extra al Estado o al consumidor final.



mesoorganismos que habitan en un suelo sano *no son fitófagos*, por lo que no representan ninguna amenaza para la producción de alimentos, sino que, todo lo contrario.

### *Termitas y Hormigas:*

Si bien son insectos representantes de órdenes muy diferentes (Isoptera e Hymenoptera, respectivamente), tienen semejanzas ecológicas; ambos presentan una estructura social compleja y varios géneros anidan principalmente en el suelo: algunos construyen galerías y cámaras para sus crías sin hacer montículos, mientras otros hacen montículos, fuera del suelo o en su interior; pero sin mezclar la materia orgánica como hacen las lombrices. Esta bioturbación, sea de termitas u hormigas, trae beneficio en el suelo en cuanto a aireación y drenaje (Wild, op. cit.).

En cuanto a las *termitas*, se destacan por su inigualable capacidad de digerir material vegetal lignificado (paja, madera, bostas secas de baja calidad). Esta característica es de vital importancia para el reciclado de minerales, ya que, en la naturaleza, son muy pocos los organismos que pueden digerir lignina. Gracias a los microorganismos lignificadores y fijadores de nitrógeno, que poseen en su intestino<sup>48</sup>, las termitas son capaces de acelerar la descomposición de materia orgánica lignificada poniendo sus minerales a disposición del suelo.

A pesar de que necesitan altas temperaturas para vivir, perecen bajo la luz solar, por tal motivo son capaces de crear su propio clima; esta característica las transforma en los artrópodos recicladores de lignina que más impactan en ecosistemas áridos y/o en pasturas mal manejadas (por ejemplo, el pastoreo extensivo genera lignificación de pasturas). Incluso cuando salen fuera de sus nidos construyen tubos dentro de los cuales se desplazan; estas galerías pueden llegar a alcanzar 7,5 km/ha, lo cual facilita el intercambio de agua y aire en el suelo (Gallardo *et al.*, 2020). La construcción del termitero puede estar hecha con tierra proveniente de

---

48- Algunos productores las trituren para preparar fertilizantes naturales (Pinheiro Machado, 2016) y/o para inocular en el rumen de bovinos en temporadas de sequía, es decir, cuando el pasto está lignificado y con bajo contenido de nitrógeno (Mantilla *et al.*, 2013).

hasta 3 m de profundidad, y la cantidad de suelo transferido del subsuelo a la superficie puede alcanzar la cifra media de 1.000 kg/ha (Wild, op. cit.). De esta forma, el suelo modificado por termitas a menudo es más rico en nitrógeno, carbono orgánico y cationes intercambiables, que el suelo no modificado (ibíd.; Nichols, 2008).

Las *hormigas*, a diferencia de las termitas, no perecen bajo el sol, por lo tanto, no necesitan gastar energía en la construcción de galerías subterráneas para moverse, esto les permite recorrer distancias muy superiores, aunque la bioturbación pueda ser menor. Sin embargo, en el interior y en las proximidades del hormiguero, el suelo está totalmente minado, su densidad aparente es menor y los niveles de fósforo y potasio son normalmente mayores. Una parte importante de la tierra del hormiguero también procede del subsuelo (Wild, op. cit.). Estas características las transforman en los pocos macroorganismos edáficos capaces de mejorar las condiciones físicas de suelos (aireación y drenaje) compactados, pobres en cobertura vegetal y erosionados; como, por ejemplo, los bordes desérticos, las pasturas con sobrepastoreo (ibíd.) y los suelos agrícolas mal manejados. De hecho, cuando los niveles de materia orgánica y estructuración del suelo aumentan, las poblaciones de hormigas fitófagas se desplazan hacia otras áreas, debido quizás a un efecto de Trofobiosis (Pinheiro Machado, op. cit.); y los hormigueros abandonados no vuelven a ser ocupados por otras hormigas, por lo que terminan nivelándose con el suelo y siendo un centro de explosión Biocenótica con fertilidad mayor (ver Imagen N° 10). Cabe destacar que las hormigas cortadoras son el principal problema en los proyectos de forestación.

Imagen N° 10: Planta de zucchini creciendo sobre un hormiguero abandonado de cortadoras



Nota: Las flechas rojas señalan plantas de zucchini o calabacín menos desarrolladas. Todas se sembraron el mismo día, sin remoción de suelo. La planta sin flecha roja (notablemente más desarrollada y verde) se sembró sobre un hormiguero de cortadoras abandonado.

Fuente: Foto del autor, tomada en Maimara, Jujuy, Argentina, 2018.

#### *Escarabajos Estercoleros o Peloteros:*

A diferencia de los gusanos blancos y las termitas que pueden actuar sobre bostas secas, los escarabajos peloteros son fuertemente atraídos por las bostas frescas. Mediante la manipulación de las heces durante el proceso de alimentación, cumplen una serie de funciones en el ecosistema que van desde la dispersión secundaria de semillas, la supresión de parásitos (control biológico de plagas) y hasta la fertilización del suelo (Nichols *et al.*, op. cit.).

Como puede observarse en la Tabla N° 18, las deyecciones bovinas están cargadas de minerales, si bien la cantidad de cada nutriente es muy

dependiente de la dieta y, entre otros factores, dicha tabla puede darnos una idea aproximada.

Tabla N° 18: Contenido promedio de nutrientes en heces y orina de vacas lecheras

Indicador	Contenido en la orina (g/L)	Contenido en la heces (% de peso fresco)	Porcentaje excretado en las heces	Porcentaje excretado en la orina
Sólidos totales	6,1	15,4	85	15
N total	11,5	2,9	48	52
P total	0,2	1,2	95	5
Cl	2,5	0,61	47	53
K	7,95	0,84	28	72
Ca	0,17	1,28	97	3
Mg	0,56	0,63	78	22
Na	1,18	0,22	41	59
Cu	0,001	0,005	95	5
Zn	0,002	0,02	98	2
Fe	0,006	0,16	99	1
Mn	0,0002	0,02	99	1

Fuente: Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), 2008.

Y si consideramos que el peso fresco promedio de las bostas y cantidad promedio de orina de las vacas estudiadas fueron de 2,06 kg y 1,9 l, respectivamente, y que las cantidades diaria promedios de deyección de bosta y micción de orina por animal fueron de 12,7 y 10,1, respectivamente (ACPA, op. cit.), notaremos que una buena porción de nutrientes consumidos por los animales es excretada al suelo. En consecuencia, la velocidad con que sean reciclados para volver a estar conservados (protegidos de lixiviación y/o gasificación) y disponibles para las plantas es de vital importancia para el crecimiento sostenible de las pasturas que mantienen al ganado. En el caso de la orina, la principal dificultad que tendría para penetrar el perfil del suelo sería una capa superficial compactada (encostrada) que generalmente se produce con facilidad en suelos laboreados, descubiertos o bajo pastoreo extensivo (ver Imagen N° 11). En cambio, las bostas deben ser primeramente procesadas e incorporadas al suelo, aquí los escarabajos estercoleros cumplen una tarea inigualable. Por ejemplo, en África se

cuantificaron 48.000 escarabajos que visitaron una bosta de elefante de 3 kg, la cual fue dispersada hasta una distancia de 220 m e incorporada al suelo al cabo de dos horas. Los africanos encontraron también que 1 kg de bosta posibilitó la remoción de 4 kg de suelo, sin la ruptura de ninguna raicilla (Pinheiro Machado, op. cit.).

Imagen N° 11: Bosta bovina anillada sobre un suelo encostrado de un establecimiento de cría bovina bajo pastoreo extensivo<sup>49</sup>



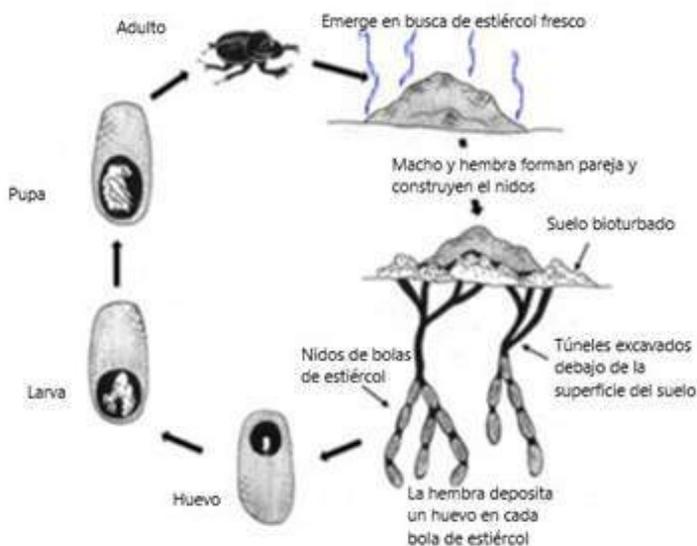
Fuente: Foto del autor, tomada en Salta, Argentina, 2016.

---

49- El anillado de la bosta se produce por la falta de ingesta de agua, por parte del bovino. A menor consumo de agua, menor será el contenido de humedad en la bosta y, en consecuencia, mayor su anillado (el bajo consumo de agua también limita la ingesta de forraje, por lo tanto, el tamaño de la bosta). El bajo contenido de humedad y el alto grado de degradación del suelo impiden el trabajo de los escarabajos peloteros y, también, limita el de otros organismos que puedan actuar sobre la bosta. Estos tipos de excreciones terminan momificándose, es decir, quedan sus nutrientes fuertemente retenidos en el material orgánico inerte por un largo período de tiempo. El uso de Ivermectinas y derivados también producen bostas momificadas (Pinheiro Machado, op. cit.). Por otro lado, una lluvia lixiviará con suma facilidad los nutrientes de la orina que se deposite sobre un suelo con estas características.

Esta remoción *no destructiva* del suelo posibilita, al igual que las termitas, hormigas y lombrices, la penetración de agua y aire. Por ejemplo, los suelos poblados de escarabajos peloteros necesitan una cantidad de agua 5 veces mayor para inundarse (ibíd.). El Esquema N° 7 resume el ciclo de vida de los escarabajos estercoleros, que entierran la bosta en el lugar donde fue depositada.

Esquema N° 7: Ciclo de vida de un Escarabajo Estercolero



Fuente: Consultado (en línea) el 05/02/2021, en <https://csaranjuez.wordpress.com/2014/06/30/escarabajos-peloteros-la-colonia-subterranea-que-enriquece-el-suelo/>

Las dos virtudes combinadas (reciclado de nutrientes y remoción no destructiva del suelo) impactan fuertemente en el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, comparando la biomasa de plantas cultivadas en el suelo con estiércol mezclado a mano, con escarabajos de estiércol y con aplicaciones de fertilizantes químicos, han informado que las acciones de mezcla de estiércol por los escarabajos peloteros resultan en aumentos significativos en la altura de la planta, biomasa aérea, producción de granos y niveles de proteínas. Miranda *et al.* (2000) encontraron que la actividad del escarabajo

pelotero superó la aplicación de fertilizantes químicos al aumentar la altura de la planta y la producción de hojas con una aplicación de 100 kg/ha de N, 100 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100 kg/ha de  $K_2O$ . En otro estudio similar, pero realizado *in situ*, se comparó el rendimiento del pasto *Bermudes* fertilizado con dos niveles de aplicación de nitrato de amonio (112 kg/ha y 224 kg/ha) o estiércol de ganado expuesto naturalmente a los escarabajos estercoleros y con estiércol no expuesto. La actividad de los coleópteros resultó en un rendimiento significativamente mayor que la aplicación de fertilizante más baja y el estiércol no manipulado por los escarabajos (Nichols, op. cit.).

Otra virtud de suma importancia para la producción ganadera es que la rapidez con que los escarabajos trabajan sobre las bostas reduce de forma significativa las poblaciones de los siguientes parásitos del ganado: moscas hematofágicas, nematodos y protozoos. Por ejemplo, en Australia se encontró una reducción entre el 80% y 100% de infestaciones de moscas de los cuernos en el ganado; y, en África, los escarabajos peloteros disminuyeron los parásitos intestinales en un 48% a 93% (ibíd.; Pinheiro Machado, op. cit.). Además, los terneros, que pastaban en pasturas sin escarabajos del estiércol, adquirieron nueve veces más endoparásitos (*Ostertagia* y *Cooperia*) que aquellos en pasturas con niveles de escarabajos estercoleros elevados experimentalmente y cuatro veces más que en pasturas con abundancia natural de escarabajos (Nichols, op. cit.).

En resumen, la rapidez con que las bostas se reciclan no solo mejora la producción de las pasturas, sino, también, el estado sanitario del ganado.

#### *Lombrices:*

Estas también son máquinas biológicas mejoradoras del suelo, pero, a diferencia de la mayoría de los organismos de la fauna edáfica, estas pueden alcanzar profundidades muy superiores; por consiguiente, también mejoran el suelo en profundidad. Esta capacidad de explorar el suelo les permite *resistir las temporadas de sequía*<sup>50</sup> al buscar humedad a mayores

50- Si las condiciones son muy desfavorables (bajo humedad y altas temperaturas), las lombrices dejan de comer, fabrican una celda de mucus, se enrollan y permanecen quiescentes (Pinheiro Machado, op. cit.). Esta forma de resistencia es muy importante, ya que no todas las lombrices pueden explorar el suelo en profundidad.

profundidades, para luego volver a superficie cuando las condiciones climáticas mejoran. Durante este ir y venir, las lombrices ingieren partículas minerales y orgánicas que luego son excretadas a lo largo de sus galerías, estas excreciones se conocen como coprolitos y están reconocidos como el alimento vegetal más completo que se conoce (humus de lombriz). Otras pocas especies depositan sus coprolitos en superficie (ver Imagen N° 12) y regresan a capas inferiores para continuar su trabajo.

Imagen N° 12: Coprolitos en superficie



Nota: Son indicadores de una buena actividad biocenótica del suelo, ya que delatan la presencia de lombrices.

Fuente: Consultado (en línea) el 11/02/2021, en <https://ecomandanga.org/2018/07/17/lombrices-las-ingenieras-del-suelo/>

Pinheiro Machado (op. cit.) menciona una virtud de suma importancia que tienen las lombrices frente a los escarabajos estercoleros:

Ambos pueden procesar deyecciones animales, pero los escarabajos invierten una gran cantidad de energía durante el vuelo y/o transporte de bolas fecales, energía que es extraída de su alimento (la bosta) y disipada en el aire; mientras que las lombrices, al moverse, generan beneficios en el suelo, de esta forma, toda la energía que obtienen de su alimento es invertida en la mejora del suelo.

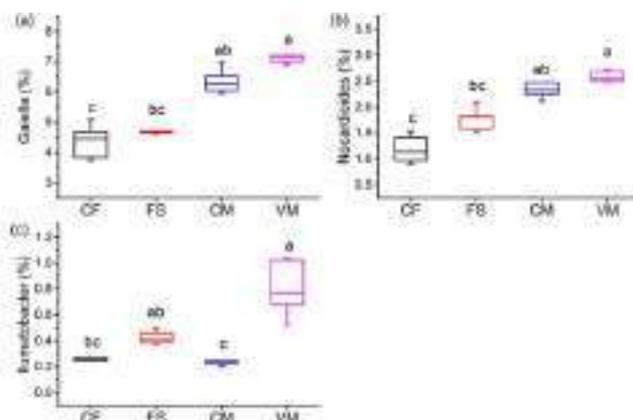
Las lombrices mejoran la fertilidad del suelo de una forma inigualable, por ejemplo, en la Tabla N° 19 puede observarse la mejora marcada del suelo en contenidos de nutrientes, antes de ser ingerido por las lombrices y luego de ser excretado. Además, como puede verse en el Gráfico N° 7, las lombrices también enriquecen el suelo con microorganismos benéficos.

Tabla N° 19: Composición comparativa de un suelo y de los Coprolitos, producidos en ese mismo suelo

Componente	Kg/1000 t de suelo (0-15 cm)		Veces más
	Suelo	Coprolitos	
Nitrato	9,92	48,51	4,86
Fosfato disponible	45,86	330,75	7,21
Potasio asimilable	70,34	788,45	11,22
Humus	127.449	197.341,75	1,5

Fuente: ibíd.

Gráfico N° 7: Abundancias relativas de *Gaiella*, *Nocardioides* y *Ilumatobacter*<sup>51</sup>, en el suelo de 20 años con monocultivo de tomate bajo diferentes tratamientos



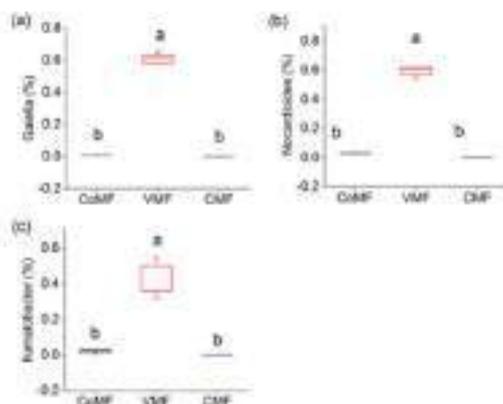
Nota: Los tratamientos fueron CF: fertilización química, FS: paja de arroz, CM: compost de estiércol de pollo, VM: vermicompost (= lombricompost). Las letras minúsculas sobre cada cuadro indican diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en el nivel  $p < 0,05$ .

Fuente: Zhao *et al.*, 2019.

51- Ya vimos que estos tres géneros son actinobacterias productoras de antibióticos e inhibidores de germinación de esporas de *Fusarium* y *Alternaria*.

Pero las lombrices no solo enriquecen el suelo, como puede verse en el Gráfico N° 8 y en la Tabla N° 20, también mejoran significativamente las condiciones nutricionales y biológicas de la misma bosta, la cual es considerada de por sí como una excelente enmienda orgánica.

Gráfico N° 8: Abundancia Relativa de Géneros de Bacterias Inhibidoras de *Fusarium* y *Alternaria*, en distintas Enmiendas Orgánicas



Nota: CoMF: estiércol de vaca usado para producir vermicompost; VM: vermicompost; CMF: compost de estiércol de pollo. Las letras minúsculas sobre cada cuadro indican diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en el nivel  $p < 0.05$ .

Fuente: ibíd.

Tabla N° 20: Composición de Coprolitos provenientes de estiércol bovino

Discriminación	Composición
Contenido de MO	55 a 70 %/MS
Humedad	30 a 40 %/MS
Ácidos húmicos totales	4 a 17 %/MS
pH	6,7 a 7,2
Población microbiana en 1 gr de coprolitos	
Bacterias	1.000 millones de células
Actinomicetos	24 millones de células
Microhongos	4.500 millones de células
Microflora total	1.080 millones de células

Nutrientes minerales	
N total	1,5 a 2 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /MS	2 a 2,5 %
K <sub>2</sub> O/MS	4 a 5 %

Fuente: Compagnoni e Putzolu (1999 citado en Pinheiro Machado, 2016).

Las lombrices pueden clasificarse según su forma de vida y actividad minadora (Wild, 1992) en:

- *Epigeas*: escasamente minadoras en cualquier clase de suelo, prefiriendo aquellos con deyecciones animales y elevadas cantidades de material vegetal muerto en superficie. En este grupo están las famosas lombrices californianas (*Eisenia foetida*).
- *Hipogeas*: producen galerías ramificadas en los horizontes orgánico-minerales del suelo. Es decir, son mejores cavadoras y menos exigentes en residuos orgánicos como las epigeas.
- *Anécticas*: son las especies que barrenan en profundidad (más de 1 m), llegando a explorar y mejorar los horizontes minerales más profundos del suelo.

Un suelo natural (bosque o pastizal), o manejado agroecológicamente, contiene especies comprendidas dentro de las tres categorías mencionadas, por lo tanto, los coprolitos se depositan en todo el perfil, al igual que las galerías, facilitando así la penetración y el almacenamiento del agua y circulación del aire, aumentando la fertilidad del suelo.

Además de dicha clasificación, es importante tener en cuenta 3 aspectos más sobre las lombrices en general:

1. Son muy exigentes en MO, humedad y temperatura del suelo.
2. Son intolerantes a la luz solar, pesticidas, fertilizantes químicos y a la remoción del suelo (Howard, 1940; Wild, op. cit.; Pinheiro Machado, op. cit.). Los Gráficos N° 9 y 10, *más abajo*, muestran el efecto de la remoción de suelo sobre las poblaciones de lombrices.
3. Cada especie (de las aproximadamente 3000 existentes) tiene exigencias diferentes de temperatura, pH, profundidad de suelo y sustrato alimenticio preferido.

Sin embargo, el creciente interés por las lombrices ha llevado a analizarlas desde una perspectiva reduccionista, en consecuencia, hemos estudiado ampliamente una especie de lombriz caracterizada por su mayor rapidez de crecimiento y reproducción: *Eisenia foetida* (lombriz californiana). Estas lombrices sí superan ampliamente a otras cuando de crecimiento y reproducción se habla, pero no hay que perder de vista que su mejor desempeño ocurre cuando crecen en estiércol y en las capas superficiales del suelo (Wild, op. cit.). Por ejemplo, cuando se alimentan de *estiércol*, el periodo en que alcanzan la madurez sexual desde su incubación es de apenas 46 días a 28°C, y 59 días a 18°C. En cambio, si estas lombrices se alimentan de *hojarasca*, alcanzan la madurez sexual a 62 y 91 días respectivamente (Pinheiro Machado, op. cit.); “las lombrices californianas no sirven para vivir y cavar en el suelo”<sup>52</sup> (Primavesi, 2009). Estas son características que, por no tenerlas en cuenta, llevaron a algunos productores a criar *E. foetida* para liberarlas en sus campos, esperando obtener los mismos resultados que los obtenidos a temperatura óptima y creciendo con estiércol.

La experiencia ha mostrado que *no podemos forzar la naturaleza*, las lombrices autóctonas aparecen en los suelos cuando regresan las condiciones que las favorecen, es decir, cuando el suelo deja de ser removido, contaminado con pesticidas y sales fertilizantes, cuando se lo mantiene húmedo y cubierto con MO fresca. De esta forma, la diversidad de lombrices será superior y, por lo tanto, el suelo mejorará en profundidad y no solo en superficie.

---

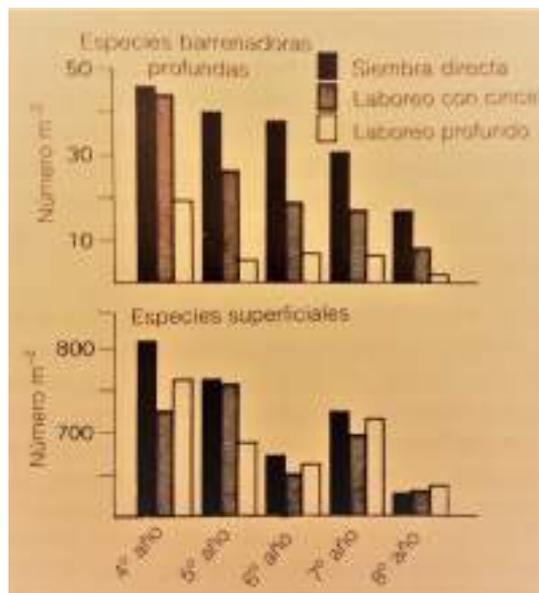
52- No quisiera dejar de mencionar que las lombrices californianas sí son las más indicadas para la fabricación a escala de humus de lombriz (sinónimo de lombricompostado y vermicompost) a partir de estiércol o materiales orgánicos semicompostados.

Gráfico N° 9: Poblaciones de lombrices en parcelas con Siembra directa y con Laboreo tradicional



Fuente: Wild, op. cit.

Gráfico N° 10: Poblaciones de lombrices Anécticas y Epigeas sometidas a distintos manejos de suelo, durante 8 años



Fuente: ibíd.

Un suelo sano puede contener entre 1.000 a 2.500 kg de lombrices por hectárea; si sumamos el peso de los restantes macro, meso y microorganismos, el peso total de las comunidades del suelo siempre supera a la carga ganadera por hectárea (ibíd.; Pinheiro Machado, op. cit.). Un suelo bien poblado de lombrices puede excretar hasta 120 toneladas de coprolitos por hectáreas, y transportar a la superficie hasta 90 toneladas de coprolitos. PROYAJO es un matarife de Jujuy que produce y vende lombricompuesto por mayor, el precio por tonelada es de US\$ 53,62<sup>53</sup>, lo que significa que reemplazar el trabajo de las lombrices equivaldría a gastar US\$ 6.434,<sup>40</sup> por hectárea (120 t de lombricompuesto por US\$ 53,62), sin considerar el costo del flete, la mano de obra y la aplicación del lombricompuesto en el suelo. En este último punto, ninguna máquina podría siquiera acercarse a la eficiencia de aplicación de las lombrices, ya que estas aumentan la porosidad del suelo con sus galerías, dejando los coprolitos justo donde las plantas los necesitan. Wild (op. cit.) obtuvo en un suelo bien poblado de lombrices 18,5 galerías abiertas cada 0,32 m<sup>2</sup> de suelo. Estas galerías tenían en promedio 6,4 mm de diámetro, “lo que significa que la sección total sería equivalente a una tubería de drenaje de 44 mm de diámetro colocada con espaciamientos de 1 m” (ibíd.). No queda duda sobre el porqué las lombrices pueden, mínimamente, cuadruplicar la infiltración del agua de lluvia, lo que significa menos escorrentía, menos erosión y más agua que efectivamente queda en el perfil para el uso de las plantas; en consecuencia, a medida que aumenta la población de lombrices (y fauna edáfica, en general), la erosión disminuye (Orgiazzi y Panagos, 2018).

### **Clasificación de la Fauna Edáfica**

Menta (2012) clasifica a los meso y macroorganismos del suelo de la siguiente manera:

- *Geófilos Temporalmente Inactivos*: son aquellos organismos que solo pasan una parte de su ciclo en el suelo, como formas inactivas. Tal inactividad ocasiona que su influencia sobre la ecología del suelo sea mínima, pero pudiendo llegar a ser importantes como

---

53- Dólar oficial (valor de venta, sin aplicar los impuestos a la moneda extranjera) consultado en el Banco de la Nación Argentina, el 11/02/2021.

presas de otros organismos. Por ejemplo, *Faustino cubae* se refugia en el suelo como adulto durante el invierno; *Ceratitis capitata* solo pasa su estado de pupa en el suelo, al igual que varios lepidópteros.

- *Geófilos Temporalmente Activos*: pasan una etapa prolongada de su vida en el suelo, pero de manera activa, luego emergen a la superficie y no vuelven al suelo. Su impacto en la ecología del suelo es mayor que los anteriores porque se alimentan y excretan en él, además de ser presas de otros organismos. Por ejemplo, *Proarna bergi* y *Quesadas gigas* pasan sus estadios ninfales en el suelo de forma plenamente activa, alimentándose de raíces, mientras que los adultos migran hacia la parte aérea de las plantas y allí culminan su vida, es decir, no regresan al suelo.
- *Geófilos Periódicos*: también pasan una parte prolongada de su ciclo de vida en el suelo de manera activa, pero al emerger, como adultos, suelen regresar al suelo para realizar diversas actividades, como cazar, poner huevos o refugiarse. Su impacto en la ecología del suelo es aún mayor, debido a que generalmente se alimentan de MO fresca del suelo, excretan en él y son presas, al igual que los adultos; por ejemplo, *Diloboderus abderus*<sup>54</sup>.
- *Geobiontes*: organismos exclusivamente adaptados a la vida en el suelo. No puede abandonar este entorno, ni siquiera temporalmente; debido a que poseen características que le impiden la supervivencia fuera del entorno del suelo por su falta de protección contra la desecación, luz solar directa y fluctuaciones de temperatura, así como por su falta de órganos sensoriales necesarios para sobrevivir sobre la tierra encontrando comida y evitando depredadores. Aquí entrarían todos los organismos del Esquema N° 6 (visto anteriormente), las lombrices, entre otros.

---

54- Los gusanos blancos o lacatos suelen considerarse plagas de equilibrio, es decir, en cantidades poblacionales bajas son benéficos al mejorar características fisicoquímicas del suelo; pero en poblaciones elevadas pueden considerarse plagas, por ejemplo, en trigo 5 larvas por m<sup>2</sup> son consideradas plagas (Laurenti, 2008). Esta definición está hecha bajo pilares convencionales. En agroecología son excelentes recicladores, su presencia en el compost es muy deseada, aún más cuando el material es difícil de compostar (ver Imagen N° 13), además pueden atacar bostas secas que los escarabajos estercoleros no pueden incorporar al suelo (ver Imagen N° 14).

Como ya hemos visto, su impacto en la ecología del suelo y, por lo tanto, en el funcionamiento del ecosistema, es superior y *vital*, comparado con el de los representantes de las tres categorías anteriores.

Imagen N° 13: Gusanos blancos en compost hecho con MO fresca de baja calidad (paja, ramas finas y tierra)



Fuente: Foto del autor, tomada en Maimara, Jujuy, Argentina, 2015.

Imagen N° 14: Gusano blanco alimentándose de una bosta bovina de baja calidad<sup>55</sup>



Fuente: Foto del autor, tomada en el Proyecto PRV Jujuy, Tilquiza, Argentina, 2019.

Hasta ahora hemos detallado algunos organismos del suelo, pero no perdamos de vista el concepto de “Biocenosis”, es decir, el trabajo que hacen en conjunto.

Los meso y macroorganismos son catalizadores del trabajo microbiano, en otras palabras, permiten que los microbios aceleren su acción sobre la MO fresca que cae al suelo, debido a que los macro y mesoorganismos:

- aumentan la superficie de ataque al reducir mecánicamente el tamaño de hojas, ramas, frutos, cadáveres, bostas, etc.;
- transportan e inoculan microorganismos descomponedores en el lugar donde se alimentan, en consecuencia, aumentan la cantidad y diversidad de descomponedores justo cuando se habilitan nuevos frentes de ataque;

---

55- Las bostas con bajo contenido de humedad limitan el trabajo de los escarabajos estercoleros, haciendo más lento el reciclado. Los gusanos blancos cumplen una función importante para reciclar nutrientes contenidos en materiales orgánicos de difícil ataque biológico. Aunque no superan en esto a las termitas.

- incorporan el material fraccionado al suelo, favoreciendo el accionar de otros microorganismos descomponedores que no se encuentran en superficie;
- llevan en su interior microorganismos refugiados que luego son excretados, de esta manera mejoran sus condiciones microclimáticas cuando el ambiente exterior puede ser adverso.

Los microorganismos también asisten a la fauna edáfica, ya que todos los meso y macroorganismos tienen en su sistema digestivo algún microorganismo simbiote sin el o los cuales no podrían degradar ciertas sustancias para su asimilación. Las termitas son un ejemplo clásico, pero las lombrices y escarabajos también los poseen. Otros los cultivan para usarlos como fuente de alimento indispensable, como, por ejemplo, las hormigas. De hecho, estas últimas también poseen en su cutícula una biopelícula de actinobacterias filamentosas que producen un antibiótico que las hormigas utilizan para mantener su cultivo de hongos puro (Currie *et al.*, 2006; Barke *et al.*, 2010; Mattoso *et al.*, 2011), además, esta biopelícula protege a las hormigas del ataque de entomopatógenos del suelo (Mattoso *et al.*, op. cit.).

La Imagen N° 15 y, mejor aún, el video del que fue tomada, hablan por sí solos sobre la sinergia que se produce por la cooperación entre las comunidades del suelo.

Imagen N° 15: Descomposición e Incorporación en el suelo de Hojarasca, por el trabajo en conjunto de las comunidades del suelo



Nota: *Izquierda*: trabajo microbiológico sin fauna edáfica. *Derecha*: trabajo combinado de macro, meso y microorganismos del suelo.

Fuente: Elaboración propia, con base en el video *Bioturbation with and without soil fauna*<sup>56</sup>.

Es fácil darse cuenta, entonces, que cualquier perturbación que sufra el suelo (labrado, químicos, sales, eliminación de cobertura, fuego) ocasionará un impacto destructivo principalmente sobre los organismos Geobiontes y, luego, sobre los Geófilos Periódicos (escarabajos estercoleros), los cuales reducirán drásticamente su población y diversidad; en consecuencia, sus beneficios ecosistémicos serán igualmente reducidos y hasta eliminados si las perturbaciones ocurren de manera frecuente. Siguiendo con esta línea de razonamiento, muchas veces son recomendadas labores de suelo para controlar plagas que pasan algún momento de su vida en el suelo (Geófilos Temporalmente Inactivos y Activos); por ejemplo, al finalizar la campaña de tabaco, se recomienda rastrear el suelo para picar el rastrojo y así eliminar adultos de *F. cubae*. De la misma forma se recomienda rastrear el suelo

56- Consultado (en línea) el 05/02/2021, en <https://www.youtube.com/channel/UCGFFFsNZoZahwQ8UPFIWhFA>

en montes frutales en cierta época del año para eliminar posibles pupas de moscas de los frutos. El problema de tales recomendaciones es que aniquilamos la mayoría de los Geobiontes y Geófilos Periódicos, además de eliminar microorganismos descomponedores (interrupción del reciclado) y simbiosis de plantas, interrumpir el ciclo del etileno y procesos de transmutación biológica, perder MO humificada, emitir CO<sub>2</sub> a la atmósfera, romper la estructura, limitar la infiltración del agua y aumentar la erosión. En otras palabras, el productor sufre una erosión de su capital productivo máspreciado; costándole, con el tiempo, mayores aportes de energía fósil (costosa y contaminante) al sistema en forma de insumos industriales, para obtener iguales o menores cantidades de cosecha. El proceso productivo se torna insustentable e insostenible.

Al respecto, veamos las siguientes ideas enunciadas por los siguientes profesionales: “Hasta ahora no se ha presentado una sola razón científica para el uso del arado (Faulkner, 1945); “(...) y en la actualidad tampoco” (Pinheiro Machado, 2016). Para facilitar la comprensión de las/los lectoras/es, consideramos necesario agregar a la primera frase, recién citada, la siguiente expresión resaltada para así completar la idea: “(...) una sola razón científica [que justifique] el uso del arado”. El arado aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas en muy corto plazo, por aniquilación de la biocenosis y consecuente liberación de nutrientes que esta tiene en sus células, y por oxidación del humus y consecuente liberación de nutrientes que este almacena (todo esto se traduce en *“pan para hoy hambre para mañana”*, en otras palabras, el productor depende cada vez más de fertilizantes químicos). Además, mejora el contacto semilla suelo (para superar ese beneficio y, cuando se trata de semillas muy pequeñas o la especie a cultivar no permite la elaboración de plantines en almácigos, se pueden aplicar técnicas de siembra ecológicas<sup>57</sup>) pero, después de todo lo que analizamos hasta aquí, estas son razones emitidas por la ciencia convencional (de corto plazo y reduccionistas) que *no justifican* el uso del arado. Y mucho menos hoy en día cuando sale a la luz el concepto de “microbioma de suelo”, sumando así otra razón científica para no agredir el suelo.

---

57- Ver Fukuoka, 1988.

## Agroquímicos y biocenosis

Los agroquímicos son sin duda predadores de la vida del suelo. Cualquier molécula que interfiera de alguna forma en cualquier reacción metabólica celular, sea animal o vegetal, tiene potencialidad para alterar la vida. Sumado a que son usados de forma diversa (*efecto cóctel*) y masiva<sup>58</sup> para la producción de alimentos, es evidente que, si además se combinan con prácticas destructivas del suelo, el resultado sobre la Biocenosis del suelo es catastrófico.

Solo para dar algunos ejemplos, el herbicida Atrazina induce estrés oxidativo y daño al ADN en las lombrices de tierra (Song *et al.*, 2009). *Este ejemplo deja muy en claro que un herbicida no limita su efecto a células vegetales únicamente, no olvidemos que el metabolismo animal y el vegetal están estrechamente relacionado y que la base de la vida se resume en la síntesis de proteínas.* Uwizeyimana *et al.* (2017) presentaron una tabla completa con el efecto de los diversos pesticidas que afectan negativamente la presencia de las lombrices. En resumen, son perjudiciales todos los órganos fosforados, entre ellos, el muy usado clorpirifos; también lo son los piretroides, carbamatos, imidacloprid (neonicotinoides), clordano (organoclorado), endosulfan, atrazina, glifosato, acetocloro, metalaxil, folpet (dicarboximide), fosetil aluminio, conazole e incluso los fungicidas minerales de cobre y azufre, y, como ya vimos, los fungicidas orgánicos Amistar y Prosaro (Gomes *et al.*, 2021). Recordemos que todo lo que se aplica sobre la hoja es imposible que *no* llegue al suelo tarde o temprano (Gray y Williams, op. cit.). De la misma manera, los agroquímicos, peor aún su combinación en el suelo, limitan el trabajo de la microbiología del suelo. Por ejemplo, Fox *et al.* (2007), trabajando con maní (*Arachis hypogaea*), demostraron evidencias *in situ* de que un conjunto de pesticidas organoclorados, agroquímicos y contaminantes ambientales inducen un fenotipo de bacterias simbioses de plantas con reclutamiento inhibido o retrasado, lo que se traduce a menos nódulos de raíz, tasas más bajas de actividad de nitrógeno y una reducción

---

58- Si dividimos la cantidad de agroquímicos utilizados al año, en Argentina, por la superficie cultivable total, obtenemos que por hectárea se aplican anualmente 7,75 kg de cóctel químico. No olvidemos que las DL50 se calculan para organismos vivos mucho más pesados que una bacteria, un escarabajo estercolero o una lombriz. Y, como ya vimos, no se considera la sinergia tóxica por combinación de principios activos.

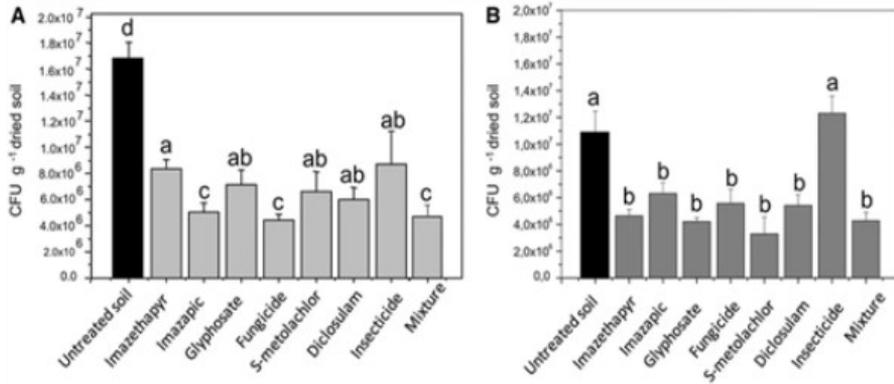
en el rendimiento general de las plantas en el momento de la cosecha. Estos científicos concluyeron que las consecuencias ambientales de los productos químicos sintéticos que comprometen la fijación simbiótica de nitrógeno son una mayor dependencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos, una fertilidad reducida del suelo y rendimientos de cultivos insostenibles a largo plazo.

De la misma manera, Angelini y equipo (2013), trabajando también con cultivo de maní *in situ* y en invernadero, demostraron el efecto negativo de distintos pesticidas sobre las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno (ver Gráfico N° 11), revelando que un tratamiento único con pesticidas es suficiente para perturbar significativamente la composición de la comunidad bacteriana fijadora de nitrógeno simbiote y de vida libre; este impacto puede durar hasta la próxima campaña, ya que estos productos persisten incluso después de 1 año de su aplicación. Esto último quedó bien demostrado al medir la actividad de la enzima nitrogenasa<sup>59</sup>, a los 12 meses, luego de la primera aplicación (ver Gráfico N° 12).

---

59- Producida por microbios fijadores de nitrógeno. Esta enzima cataliza la fijación de nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ). Las actividades enzimáticas del suelo son indicadores útiles de la salud del suelo y se han utilizado ampliamente para evaluar los efectos de las prácticas de manejo sobre la función biológica del suelo (Wall *et al.*, op. cit.).

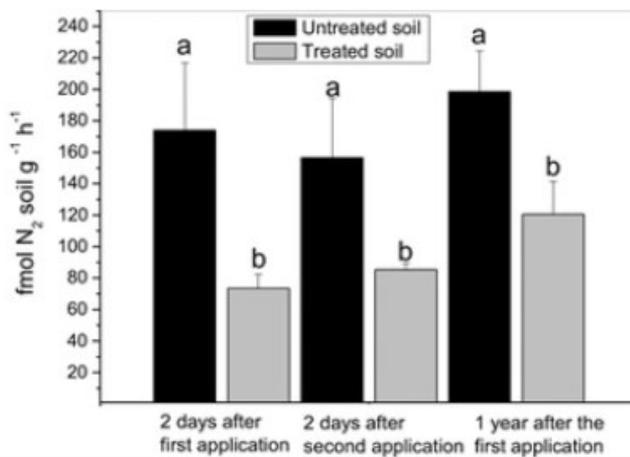
Gráfico N° 11: Efecto de distintas pesticidas sobre Microorganismos del suelo fijadores de nitrógeno



Nota: CFU: Unidades Formadoras de Colonias. A: microorganismos de vida libre. B: microorganismos simbiotes. Diferentes letras en cada columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con el control sin pesticidas (Untreated soil).

Fuente: Angelini *et al.*, op. cit.

Gráfico N° 12: Valores de Actividad Nitrogenasa en el suelo



Fuente: *ibíd.*

## **Conclusiones**

Así como los microorganismos necesitan de la fauna edáfica para su normal funcionamiento, la fauna edáfica necesita, además de los microorganismos, aportes continuos de materia orgánica en superficie (hojas, ramas, frutos, bostas, cadáveres); por lo tanto, como ya dijimos, la Materia Orgánica es catalizadora de la vida del suelo. Y toda práctica agrícola que atente contra su contenido en el suelo es predatora de la naturaleza, mientras que toda práctica agroecológicamente correcta debería empezar por aumentarla (Pinheiro Machaco y Pinheiro Machado Filho, 2016). En este sentido, los agroquímicos son un freno para la Biocenosis del suelo, conduciendo al productor hacia la dependencia de insumos industriales (energía fósil).

## CAPÍTULO 10

# **ESTÍMULO DE LA BIODIVERSIDAD**

*Las plantas que emergen espontáneamente desempeñan funciones esenciales a la recuperación de la sostenibilidad de la naturaleza y, por lo tanto, de la vida.*

Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho (2016)

“Biodiversidad” es la palabra que se usa para describir la variedad de la vida sobre la tierra y es el modo más popular con el que se denomina a la “diversidad biológica”.

La “biodiversidad” se refiere a la variedad de ecosistemas, de especies y de genes que existen en el mundo; pero no solo a eso, sino también a la variedad de adentro de cada de estas partes y entre ellas, es decir, se refiere a la variabilidad de la vida en todas sus formas, niveles y combinaciones, dentro y entre sus componentes.

Una forma de describir la enorme y compleja diversidad biológica se basa en un esquema jerárquico de niveles de organización biológica que analiza la diversidad de:

- genes,
- poblaciones,
- especies,
- comunidades biológicas,
- ecosistemas,
- paisajes,
- biomas.

Distinguiendo en cada nivel tres atributos: composición, estructura y función.

La *composición*, en los diferentes niveles, incluye los componentes de los sistemas biológicos.

La *diversidad estructural* considera la disposición u ordenamiento físico de cada uno de los componentes en cada nivel de organización.

La *diversidad funcional* se refiere a la variedad de procesos e interacciones que existen entre los componentes.

Para comprender mejor estos atributos veamos el siguiente ejemplo: si comparamos una gota de agua con un cubo de hielo, tenemos la misma composición, pero nadie puede negar las diferencias estructurales y mucho menos funcionales de uno y otro. Lo mismo pasa en cada uno de los niveles de organización (genes, especies, ecosistemas, etc.), se puede tener la misma composición, pero que su estructura o funcionamiento (o ambas) sean muy diferentes. Por eso vemos, por ejemplo, que aunque tengamos pocas diferencias de composición genética entre seres vivos, la expresión de esos genes, regulada por su estructura cromosómica, puede variar considerablemente.

Lo mismo pasa a otras escalas, dos bosques (el Chaqueño serrano y el Chaqueño de llanura) pueden tener a nivel de composición de árboles los mismos componentes (especies), pero su estructura y su funcionamiento presentan muchas diferencias.

La “biodiversidad” es un término que trae mucha confusión cuando se lo relaciona a la producción de alimentos a escala, cuesta imaginarse un agroecosistema diverso cuando lo que se busca convencionalmente es obtener la máxima cantidad de un producto por hectárea. Quizá por este motivo, la biodiversidad sea frecuentemente relacionada con antiprogresismo, pequeñas huertas y áreas protegidas, pero nunca con un sistema productivo a escala. Sin embargo, el estímulo a la biodiversidad es un *pilar fundamental* para la producción agroecológica a cualquier escala; pues no olvidemos que la naturaleza es diversa. Para comprender esto quizás sea mejor explicarlo con un concepto fácil de visualizar, como lo es la “Sucesión Ecológica”, es decir, el cambio de la estructura de las comunidades (diversidad y cantidad de especies) a través del tiempo (Smith y Smith, 2007), como, por ejemplo, el proceso de formación de suelos.

Sabemos que la roca puede transformarse en suelo, para ello, esta debe ser meteorizada o degradada por la acción de los distintos factores ambientales: abióticos y bióticos. Hemos visto que la vida necesita energía, y que las plantas la aprovisionan a todas las formas de vida incapaces de aprovechar la energía solar, pero ¿qué sucede cuando las condiciones no permiten el crecimiento de las plantas, como es el caso de una roca? Existen otras formas autótrofas más pequeñas, como las algas y los líquenes, que son colonizadores de rocas. A medida que los factores abióticos (viento, lluvia, amplitud térmica) degradan física y químicamente la roca, los pequeños microhábitats que se forman y los nutrientes que se liberan son aprovechados primeramente por algas y líquenes; así estos inician el suministro de energía orgánica, varias especies fijan nitrógeno atmosférico y además producen metabolitos que aceleran la degradación y, por lo tanto, la liberación de más nutriente, los cuales no son fácilmente lavados por las lluvias al estar protegidos por su propia biomasa (Gray y Williams, 1971). De esta manera se ha formado un nuevo microhábitat, con más tipos y cantidades de energía y nutrientes disponibles, y esto da lugar a la aparición de otras formas de vida como, por ejemplo, microorganismos que pueden atacar los silicatos de las rocas y así liberar otras formas de nutrientes. Entonces es evidente que el trabajo en equipo de las poblaciones iniciadoras, que en conjunto hacen a la comunidad iniciadora, irán generando hábitats más propicios para la aparición de otras formas de vida autótrofas; y estas últimas, a su vez, formas de vida de otras formas heterótroficas, hasta llegar a la obtención de un suelo maduro que mantiene una inmensa diversidad de plantas y animales, cada uno adaptado a condiciones ambientales particulares. Por supuesto que el resultado final dependerá de factores como el clima, la topografía, el material de origen (tipo de roca madre), entre otros. Por ejemplo, en una zona húmeda y cálida, el resultado será una selva tropical; y si, en la misma zona, el suelo se formó en un lugar de mucha pendiente, este no será profundo y, por lo tanto, crecerán otras especies vegetales y muy seguramente también albergará y/o será más frecuente la visita de otros tipos de animales. Si en algún momento de la sucesión frecuentaron grandes manadas de rumiantes en continuo movimiento por la acción de depredadores, esa sucesión se mantendrá como un pastizal con diversas especies de gramíneas. En definitiva, en la naturaleza, la vida se

mantiene con vida, hasta los biomas más inhóspitos contienen varias formas de vida; y se debe a que la diversidad es la base de la vida misma, una forma de vida depende de la otra y es lo que se denomina “red trófica” (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016); cumpliendo cada forma una función que contribuye a una mayor complejidad y estabilidad dinámica (Savory y Butterfield, 2019).

Entonces la importancia de la Biodiversidad en un sistema productivo radica en que, sin ella, no es posible trabajar con la naturaleza, ya que esta siempre tenderá a aumentarla por razones lógicas de subsistencia y equilibrio. Por tal motivo, desde un punto de vista de manejo, los sistemas agroecológicos siempre deben fomentar la biodiversidad sea cual sea la escala productiva; y aquí es donde se generan los mayores problemas, por ejemplo, la diversidad demanda planificaciones mucho más complejas sobre diseño de la finca, rotación y asociación de cultivos y animales<sup>60</sup>. También demanda técnicas de cultivos poco investigadas, políticas agropecuarias que no sean netamente productivistas y, además, se necesita un estudio de mercado compatible con tal diversidad, pues no produciremos algo que no se puede vender. En otras palabras, los productores y técnicos debemos pensar más, ya que entran en juego muchas variables que antes no se consideraban, y esto resulta ser uno de los mayores obstáculos para el cambio: *pensar más*. Un estudio realizado por Kotter y Cohen (2002), en la Universidad de Harvard, explicó “*lo difícil del cambio*” (del inglés “*The Heart of Change*”) mediante el mayor consumo energético que produce el pensar más, el cual genera un rechazo casi involuntario frente al tener que cambiar algo que se viene haciendo de la misma manera desde hace mucho. La Agroecología, como se ha visto, exige un cambio rotundo de la forma de pensar y es un gran error creer que hay soluciones sencillas para problemas complejos, necesariamente debemos pensar y observar más; tal como lo expresó Boggino (2011): “No se puede seguir mirando al mundo por el agujero de la cerradura. No se pueden resolver problemas complejos con propuestas simples a partir de considerar solo una o algunas de las dimensiones en juego”.

---

60- Ver capítulo 13.

## Beneficios de la Biodiversidad

En términos generales, la importancia de la biodiversidad radica en las siguientes cuestiones:

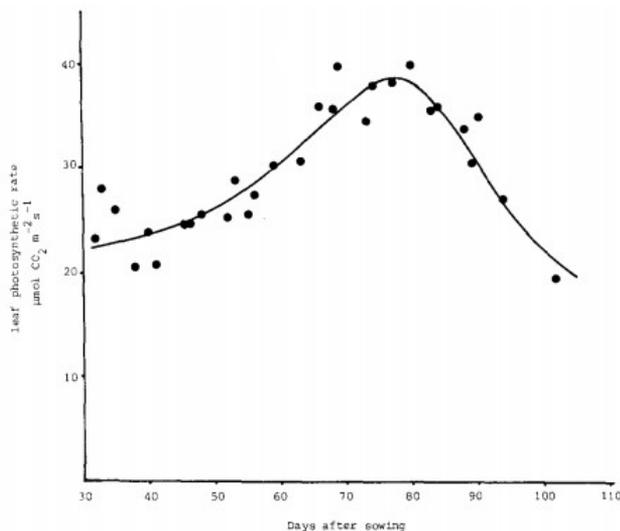
- es fuente de recursos,
- es fuente de sustancias de potencial importancia para la salud y la industria,
- tiene valor ambiental, social, económico y cultural, mediante servicios ambientales gratuitos como regulación hídrica y climática, formación y conservación de suelo, conservación de agua; fijación de gases con efecto invernadero y otros contaminantes, contribución a la diversificación y belleza del paisaje y defensa de la identidad cultural, mantención de la salud y el equilibrio global, etc.

En términos agropecuarios, se ha visto lo vital que resulta el aporte energético a través de la fotosíntesis para un máximo funcionamiento de la vida del suelo y su relación con la estructura del mismo, los ciclos biogeoquímicos y el impacto de estos dos para lograr la máxima fertilidad natural que da como resultado cultivos equilibrados entre producción y autodefensa (calidad biológica), para lograr una producción sustentable con fertilidad creciente. Nada de esto es posible de alcanzar mediante monocultivos, por los siguientes aspectos que se analizan a continuación:

- *Energéticamente*, un monocultivo es fotosintéticamente eficiente solo en un corto período de tiempo. Por ejemplo, en el Gráfico N° 13, se observa que un cultivar de soja tiene una actividad fotosintética por un período de 60 a 70 días, con una máxima actividad de 10 días de duración. Si se agrega a esto que el productor opta por un barbecho limpio, el sistema recibe bajísimos aportes energéticos al año. Se ha visto la inmensa importancia de la energía solar para la producción sustentable, si se la usamos al mínimo posible (monocultivo y barbecho limpio combinados) todos los demás servicios naturales serán minimizados (ciclo del etileno, trasmutación, ciclos biogeoquímicos, etc.); por lo tanto, el productor deberá inyectar al sistema elevadas cantidades de

insumo para obtener elevadas cantidades de producto, que serán, además, de baja calidad biológica.

Gráfico N° 13: Actividad fotosintética de un cultivar de soja. Días post-siembra



Fuente: Gordon *et al.*, 1992.

- *Biológicamente*, ninguna especie vegetal puede activar por sí misma todo el potencial biológico de un suelo, sino que cada especie guarda cierta afinidad por un grupo de microorganismo, esta coevolución refleja la importancia de los millares de años de adaptación de los cultivos nativo. Por ejemplo, no todas las rizobacterias pueden producir nódulos radiculares activos con cualquier leguminosa, sino que esta asociación es muy específica de cada especie leguminosa (Gray y Williams, op. cit.; Wall, 2020). De la misma manera, no todas las especies vegetales exudan los mismos compuestos (ibíd.), por ejemplo, el exudado radicular de una gramínea es muy distinto al de una leguminosa. En consecuencia, una diversidad de plantas más grande crea más “nichos” para los microbios del suelo y/o promueve múltiples actividades microbianas debido a una mayor diversidad química

de exudados, lo que aumenta la supresividad del suelo<sup>61</sup>; es decir, una mayor diversidad microbiana reduce la invasión de patógenos y aumenta el antagonismo en los suelos, reduciendo así el impacto de los hongos patógenos de las plantas (Zhao *et al.*, 2019; Ampt *et al.*, 2019). Por el contrario, el monocultivo produce una disminución de la diversidad de microbios y aumenta de forma significativa la acumulación de microorganismos patógenos (ver Gráfico N° 14).

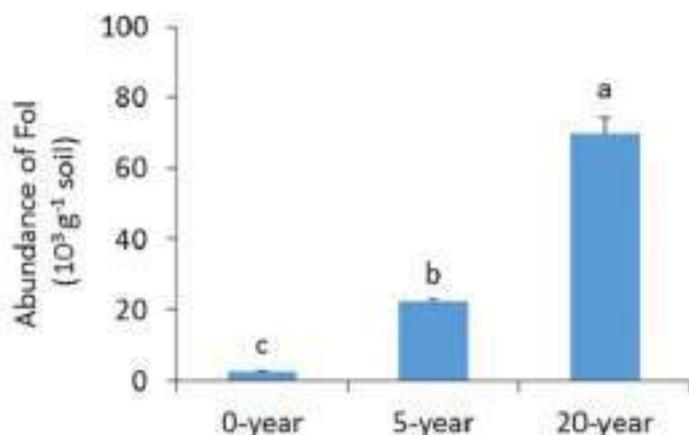
Además, cada microorganismo produce o facilita a la planta un factor de crecimiento distinto y/o solubiliza algún nutriente con mayor facilidad en comparación con otros microorganismos; de esta forma, la nutrición de las plantas será más diversa y equilibrada, cuanto más diversa sea la biocenosis del suelo.

Si relacionamos los dos factores analizados hasta aquí, vemos que la fotosíntesis y la actividad biológica del suelo van de la mano. Si al Gráfico N° 13 le adjuntamos la curva de actividad microbiana que genera esa actividad fotosintética, veremos que responden prácticamente de la misma manera: la actividad biológica inicia con la germinación y alcanza su pico máximo al mismo tiempo que la floración y fructificación de la planta, para luego caer en picada con la senescencia (Gray y Williams, *op. cit.*). De esta forma, el monocultivo limita la actividad biológica del suelo a lo largo del año y esto trae como consecuencia menor reciclaje, supresividad y nutrición.

---

61- Se refiere a la capacidad del suelo para “suprimir” patógenos. A mayor complejidad biológica, mayor será su capacidad supresiva (ver Bautista-Calles *et al.*, 2008).

Gráfico N° 14: Número de copia del gen de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) en suelos con diferentes duraciones de monocultivo de tomate (0, 5 y 20 años)



Nota: Los datos se presentan como medias  $\pm$  errores estándar ( $n = 5$ ). Las letras minúsculas sobre las barras indican diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en el nivel  $p < 0.05$ .

Fuente: Zhao *et al.*, op. cit.

- *Nutricionalmente*, sabemos que las plantas tienen requerimientos minerales distintos. Por ejemplo, el característico sabor persistente del ajo (*Allium sativum*) se debe a su capacidad para tomar del suelo mayores cantidades de azufre en comparación con otras hortalizas. Evidentemente, el monocultivo de ajo provocará en el suelo una deficiencia de azufre, el cual es fundamental para la síntesis de proteínas (ver Esquema N° 4); lo mismo ocurrirá con el monocultivo de cualquier vegetal. Además, las plantas tienen una capacidad radicular definida, es decir, no todas pueden explorar capas profundas del suelo (menos aún si las micorrizas son inhibidas por prácticas convencionales de manejo). Esto lleva a que, en un monocultivo, el volumen de suelo explorado sea siempre el mismo, por lo tanto, esta capa será empobrecida y las más profundas no recibirán la energía orgánica que necesita

la biocenosis para llevar a superficie nutrientes de la fuente de minerales inagotable del subsuelo (roca madre).

Además, se suma a esto el hecho de que las variedades modernas de soja, trigo, maíz, entre otras, tienen índices de cosecha muy superiores a las variedades más antiguas. Tal es la diferencia, que la industria de maquinarias agrícolas diseñó cosechadoras de mayor capacidad de trilla (Cabezales Draper), específicamente para adaptarse a los altos rendimientos de las nuevas variedades (INTA, 2013). Un mayor “índice de cosecha” significa una mayor extracción de nutrientes (de la misma capa de suelo) y una menor deposición de MO fresca sobre el suelo. Si el productor impide el crecimiento de “malezas” (que intentan llegar a capas más profundas y aumentar la cobertura para proteger al suelo de la erosión y recuperar su equilibrio) con un “buen barbecho”, el suelo acaba empobreciéndose en muy poco tiempo, y con ello aumentan sus costos o disminuye su beneficio económico. En otras palabras, el monocultivo desertifica el suelo, aun si se realiza con siembra directa.

- *Enemigos Naturales (EN)*. Todos los EN necesitan alimento y refugio, sin estas condiciones su desempeño es nulo. Un monocultivo proporciona las condiciones ideales para un fitófago, el cual encuentra alimento de calidad y refugio donde quiera que vaya; pero no ocurre lo mismo con los enemigos naturales, muchos de ellos necesitan fuentes de néctar para alimentarse y un refugio vegetal denso donde pasar el invierno. Por ejemplo, mientras que las larvas de crisopas y sírfidos son predadoras activas, los adultos prefieren el polen y néctar respectivamente, estos les provee energía fácilmente aprovechable para poder volar en busca de pareja reproductiva, lugar de oviposición y refugio. Las vaquitas predadoras, al igual que los adultos de crisopa, son malos voladores, esto limita su radio de exploración en busca de refugio; y las larvas de ambos no poseen alas y su tamaño reducido los limita a un radio de acción aún mucho más pequeño. En cientos o miles de hectáreas de monocultivo, que luego de ser cosechado no queda nada para

cazar ni un lugar apropiado para refugiarse, los EN tiene todas las de perder. Por ejemplo, en Hawái, la presencia de plantas con néctar en los márgenes de los campos de caña de azúcar permitió aumentar la abundancia poblacional y la eficiencia del parásito del gorgojo de la caña de azúcar, el díptero *Lixophaga sphenophori* (Rosset y Altieri, 2018). Estos autores sugirieron que el alcance eficaz de estos parásitos no va más allá de los 45-60 metros a partir de las fuentes de néctar presentes en los márgenes de las parcelas. De la misma manera, muchos adultos parasitoides dependen de fuentes de néctar y, al ser pequeños (microhymenopteros), no pueden desplazarse a grandes distancias. En consecuencia, las plantas que están siendo atacadas en un monocultivo extenso pueden pedir auxilio a los EN (Defensa Indirecta), pero si estos no tienen alimento ni refugio cerca nunca llegarán, o lo harán muy pocos.

Los EN son muy diversos, no existe un solo controlador biológico ideal, existe el más adaptado a las condiciones de manejo. Por ejemplo, en Jujuy, los EN más fáciles de encontrar en cultivos de tabaco son las especies de *Cosmoclopius*, coccinélidos y crisopas. El primero es el más frecuente y se encuentra en todas las etapas del cultivo, a pesar de que posee un ciclo de vida más largo y, por lo tanto, menos generaciones por año si se lo compara con las crisopas y vaquitas: 3 a 4 generaciones/año (*Cosmoclopius*), 8 generaciones/año (Crisopas) y 17 generaciones/año (Vaquitas). Sin embargo, esta mayor frecuencia y abundancia se debe a que las vinchuquitas predadoras tienen un amplio espectro de presas, a diferencia de las vaquitas y crisopas que, prácticamente, prefieren los pulgones. Tanto adultos como juveniles de *Cosmoclopius* son predadores activos, a diferencia de las crisopas. Además, las vinchucas son mejores voladores y de mayor tamaño, lo que significa que pueden desplazarse con mayor facilidad y tolerar mayores dosis de veneno. Si analizamos el caso de una aplicación de pesticida para control de cogollero y/o pulgones, la agilidad de las vinchucas les permite escapar con mayor facilidad, mientras que las vaquitas, crisopas y sobre todo sus larvas no pueden hacerlo de igual manera. Luego de

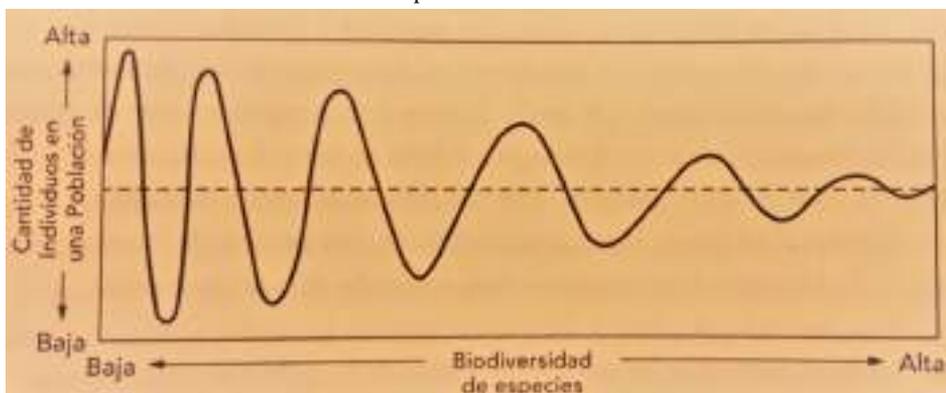
la aplicación, las fuentes de alimento se reducen sustancialmente para los sobrevivientes, solo *Cosmoclopius* explorará mayores superficies y, al ser predador generalista, podrá subsistir prácticamente con cualquier otro insecto que encuentre. Además, los adultos de crisopas necesitan fuentes de polen y néctar para poder obtener la energía necesaria para volar en busca de pareja, refugio o lugares de oviposición; en un monocultivo que se desflora y se eliminan las “malezas”, no encuentra un ambiente favorable. Algo similar ocurre en Misiones, donde Ohashi y Urdampilleta (2003) detectaron 16 especies diferentes de EN en plagas de tabaco, siendo solo las más frecuentes *Cosmoclopius nigroannulatus*, *C. poecilus* (Hemiptera: Reduviidae) y *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae).

No queda dudas de que la mayor o menor frecuencia se debe exclusivamente a la mayor o menor adaptabilidad del EN al manejo del cultivo, y no exclusivamente a su capacidad reproductiva (generaciones/año). En consecuencia, una mayor diversidad vegetal proporciona una mayor diversidad de nichos para insectos benéficos, y con ello se dan las condiciones óptimas para un Control Biológico de Conservación<sup>62</sup> (CBC) más eficiente, lo que se traduce en una mayor estabilidad poblacional (ver Gráfico N° 15).

---

62- Entendiéndose por CBC a la manipulación deliberada de los agroecosistemas para mejorar la supervivencia, la aptitud y el comportamiento de los EN, y para mejorar su acción de control de plagas resultante (Wyckhuys, 2013), es decir, sin la cría artificial y liberación de EN (Control Biológico).

Gráfico N° 15: Relación entre Complejidad de la comunidad y Estabilidad de sus poblaciones



Fuente: Savory y Butterfield, op. cit.

De esta forma, la simplificación del ambiente (monocultivos extensivos) puede tener serias implicaciones económicas para los productores. Por ejemplo, en cuatro Estados del Medio Oeste de EE. UU., donde el crecimiento de la siembra de maíz y soja impulsado por el biocombustible<sup>63</sup> resultó en una menor diversidad de paisajes, disminuyó el suministro de EN para los campos de cultivos y se redujeron los servicios de CBC en un 24%. Esta pérdida de servicios de biocontrol les cuesta a los productores de soja y maíz en estos estados un estimado de US\$ 58 millones por año en reducción de rendimiento y mayor uso de pesticidas (Souza *et al.*, 2019).

## Otros aspectos importantes de la Biodiversidad

### ***Nutrición***

Sabemos que una dieta variada nos nutrirá mejor que una basada en unos pocos alimentos (Pollan, 2012; Servan-Schreiber, 2014). Por ejemplo,

63- “Se necesitan 7.333 kcal de energía fósil para producir 1 litro de etanol. Sin embargo, 1 litro de etanol tiene un valor energético de solo 5.130 kcal. Basado en una pérdida neta de energía de 2.203 kcal de etanol producido, se gasta un 43% más de energía fósil de la que se produce como etanol” (Pimentel *et al.*, 2007). Esto permite al ciudadano pudiente, en su ignorancia, quemar combustible sin remordimientos y al agronegocio limpiar su nombre.

en la Tabla N° 21 se aprecia la mayor oferta mineral de una harina elaborada a partir de una combinación de distintas especies de granos (harina multisevilla), frente a la oferta de la harina común de trigo. Además, cuanto más refinado el alimento, menor es su contenido de nutrientes, como se aprecia en la Tabla N° 22. En consecuencia, cuanto menor es la diversidad de alimentos que consumimos a lo largo del año, menor será nuestra nutrición, lo que se potencia por el refinamiento industrial de los alimentos y, como hemos visto, con el empobrecimiento del suelo ocasionado por un manejo convencional. Vemos que la destrucción de la diversidad biológica también contribuye al “hambre oculto” y, también, que Pottenger (1983) no se equivocaba en cuanto a la menor calidad nutricional que genera el procesamiento industrial de los alimentos.

Tabla N° 21: Reducción del contenido mineral en la harina generada por la reducción de la diversidad de granos

Mineral	Harina de Trigo	Harina multisevilla	t-valor
Sodio	2,33	5,15	29,07**
Potasio	144,33	154	4,59*
Calcio	28,67	32,97	2,27**
Magnesio	13,33	26,67	10,7**
Hierro	1,22	2,52	23,06**
Fósforo	91	101	4,8*
Cobre	0,23	0,55	24**
Zinc	0,87	1,02	15,91**
Manganeso	0,63	0,9	6,05**

Nota: Unidad mg/100 gr. \*Significativo al 5% de nivel de significancia.

\*\*Significativo al 1% de nivel de significancia.

Fuente: Rathod y Sarojini, 2018.

Tabla N° 22: Alteraciones nutricionales provocadas por el refinamiento de los alimentos (harina de trigo)

Mineral	Harina de trigo integral	Harina de trigo refinada
Zinc	63 partes	10,5 partes
Cobalto	0,2 partes	0,07 partes
Cobre	6,2 partes	0,63 partes
Cromo	1,75 partes	0,23 partes
Hierro	30 partes	9,1 partes
Magnesio	10,12 partes	0,021 partes

Fuente: Rodríguez, 1997 (citado en Restrepo y Pinheiro, 2009).

Si analizamos nuevamente nuestra historia, el hecho de haber sido cazadores, pescadores y recolectores durante miles y miles de años significa que hemos nutrido nuestro organismo con una inmensa diversidad de alimentos naturalmente producidos; ya que cada estación del año proporcionaba frutos y animales diferentes. El moverse de un sitio a otro (nómades) también contribuía enormemente a la diversidad de ofertas alimenticias que obteníamos de la naturaleza, y bajo esos factores ambientales fue formado nuestro organismo. Incluso, con la aparición de la agricultura, hace 10 mil años atrás, la diversidad de alimentos no disminuyó considerablemente; de hecho, el descenso brusco de nuestra diversidad alimenticia fue de reciente suceso. Por ejemplo, hace 150 años, la humanidad se alimentaba con el producto de 3.000 especies vegetales que, en el 90% de los países, eran producidas y consumidas localmente. Hoy, 15 especies responden por el 90% de los alimentos vegetales, y 4 cultivos (trigo, arroz, maíz y soja) responden por el 70% de la producción y consumo mundial. “Se tiende, así, hacia un peligroso monocultivo y, como se sabe, la homogeneidad conduce a la muerte, al paso que la heterogeneidad, que es el estado dinámico, lleva a la vida” (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.).

Evolutivamente, la diversidad alimenticia está fuertemente adherida a nuestro organismo, se expresa, por ejemplo, cuando una embarazada se antoja de alimentos que nunca antes había deseado. De la misma manera, los animales la tienen muy bien incorporada; por ejemplo, está ampliamente

aceptado que las mejores pasturas para criar bovinos es la combinación de trébol blanco y *rye grass*, no solo por su mayor calidad sino también por la mayor palatabilidad, es decir, los bovinos las prefieren frente a otras pasturas. Sin embargo, Voisin (1957) demostró experimentalmente que, si las vacas se alimentaban por unos días exclusivamente de esta combinación, al ofrecerles simultáneamente otra pastura de menor calidad y palatabilidad, estos animales prefieren la nueva pastura y no la dejan de comer hasta acabarla. Fue posible la posibilidad de presenciar este hecho, en un sistema de PRV al sur de Santa Fe: las vacas habían estado tres días seguidos alimentándose de trébol, *rye grass* y festuca, al cambiarlas de parcela, los animales dominantes fueron directamente hacia una porción de la parcela donde había empezado a crecer sorgo de alepo (*Sorghum halepense*), el cual sobresalía por su altura y color verde diferente (ver Imagen N° 16).

Imagen N° 16: Grupo de vacas comiendo sorgo de alepo con preferencia

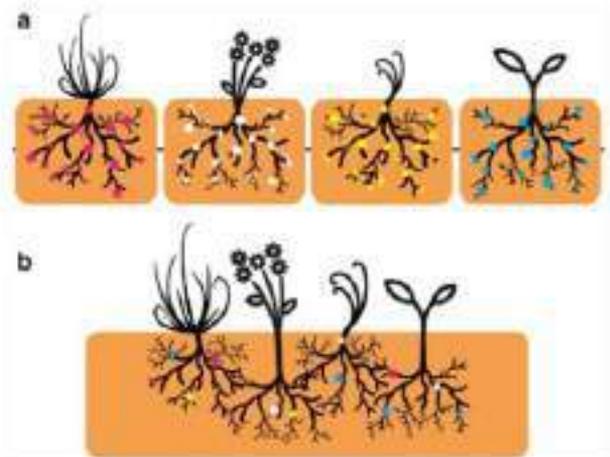


Fuente: Foto del autor, tomada en el Proyecto PRV "El Verdadero Paraíso". Santa Fe, Argentina, 2018.

## Salud

Además de facilitar información para la correcta nutrición, una serie de investigaciones recientes revelan que preservar ecosistemas intactos y su biodiversidad endémica, en general, reduce la prevalencia de enfermedades infecciosas. Esto no solo está demostrado en plantas (Ampt *et al.*, op. cit.; van Ruijven *et al.*, 2020), sino también en animales y humanos (Suzán *et al.*, 2009; Keesing *et al.*, 2010; Bosi y Desmarchelier, 2020), debiéndose principalmente, según los autores, a un efecto de Dilución de Hospedero (ver Esquema N° 8).

Esquema N° 8: Diagrama conceptual de los principios ecológicos subyacentes a la hipótesis dilución de hospederos



Nota: Los diferentes colores y símbolos representan diferentes especies de hongos fitopatógenos, asociados a las raíces.

Fuente: Ampt *et al.*, op. cit.

En el esquema se observa la situación “a”, donde los patógenos del suelo tienen un rango reducido de hospederos, en consecuencia, resultan efectos negativos diferenciales entre especies de plantas. Por otra parte, en la situación “b”, el aumento de la diversidad de plantas está relacionado con la disminución de la abundancia de huéspedes, lo que puede reducir la presión de la enfermedad en comunidades de plantas ricas en especies en comparación con los monocultivos. Además, los vecinos heteroespecíficos

también pueden afectar la presión de la enfermedad, por ejemplo, exudando compuestos antifúngicos que disminuyen aún más el patógeno.

Entonces, es necesario preservar los ecosistemas naturales, los cuales servirán como reserva de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Por lo tanto, ningún proyecto agropecuario debería tener el 100% de la superficie total bajo producción, sino que es necesario planificar la superficie de reserva permitiendo conectividad entre las áreas reservadas, además de un estudio ambiental previo para detectar aquellas zonas que serían más convenientes preservar. Por ejemplo, Pinheiro Machado e hijo (op. cit.) proponen una reserva de 20 al 30% de la superficie total, pero esta propuesta debe estar diseñada de forma tal que facilite la circulación y migración de la flora y fauna nativas, y para esto son necesarias políticas agropecuarias y ambientales pertinentes<sup>64</sup>.

### ***Inutilidad de las recetas***

La inmensa diversidad de factores ambientales hizo que no existiera un metro cuadrado de suelo igual a otro, ni aun siendo vecinos. Cada zona, cada finca tiene particularidades muy diferentes, por lo que las mismas técnicas siempre van a producir resultados distintos. Esto demanda, de los productores y técnicos agroecológicos, la utilización de principios, *no* de recetas. De esta manera, la diversidad ambiental, cultural y social exige que cada principio o pilar fundamental deba ser adaptado a la especificidad de cada sistema productivo. Por ejemplo, el Pastoreo Racional Voisin (PRV) cumple todos los pilares agroecológicos mencionados en este libro, es una tecnología practicada a lo largo del continente americano y en otras partes del mundo. Se basa en la conducción del ganado para el aprovechamiento del pasto y respeta el bienestar animal, es decir, no se admite el confinamiento animal. Sin embargo, en un proyecto de PRV en Francia, se optó por la estabulación de los animales durante el invierno (respetando el máximo *confort*), esto se debió a las particularidades de un invierno largo, muy húmedo y frío, donde el pisoteo de los animales sobre el suelo saturado acaba destruyéndolo<sup>65</sup>.

---

64- Ver capítulo 13.

65- En el Apéndice B, págs. 397 - 411, se encuentra una entrevista realizada al dueño del proyecto PRV mencionado, Roger Rabes, para lectura.

De esta forma, la adaptación de los pilares abre un abanico de técnicas sustentables de producción que, en general, cuando se trata de grandes escalas, están poco difundidas y estudiadas.

## **Bioindicadores**

Un indicador puede definirse como un objeto o variable que sirve para evaluar (simplificar, cuantificar y/o interpretar) fenómenos complejos. En consecuencia, cuando se utilizan organismos vivos de la naturaleza para interpretar el estado ecológico de un lote de cultivo o de una finca, se llama a esos elementos “bioindicadores”.

Para introducir al lector en la comprensión de estos indicadores, retomaremos el ejemplo de Sucesión Ecológica. Las especies que van apareciendo en el inicio tienen necesidades y adaptaciones ecológicas muy distintas a las especies que terminan dominando en el clímax de la sucesión. Al inicio, el suelo es poco profundo, el contenido de MOS y la cobertura son escasos, la infiltración y retención de agua es deficiente y el suelo se calienta y enfría con suma facilidad, existen condiciones biológicas pobres donde solo algunas especies vegetales pueden crecer con normalidad. De esta manera, a medida que las condiciones ambientales van cambiando, otras plantas, adaptadas a estas nuevas condiciones, inician su crecimiento y desarrollo. En la naturaleza, entonces, si una planta crece de forma espontánea es porque encontró las condiciones ideales para romper su latencia y germinar. Luego, cuando sus condiciones óptimas desaparecen, la planta también lo hace, pero deja el suelo cargado de semillas que volverán a brotar si las condiciones que las despiertan aparecen nuevamente (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Ducerf, 2017). Ahora bien, en cada paso que da la sucesión, las condiciones bio-físico-químicas del suelo van mejorando<sup>66</sup>: aumenta la profundidad del suelo, mejora su estructura (contenido de MOS, actividad biocenótica) y, por lo tanto, su fertilidad. En consecuencia, la aparición o desaparición espontánea de ciertas especies en los cultivos es una revelación del estado del suelo. En este sentido, una planta

---

66- Esta mejora del suelo, que ocurre gracias a la sucesión ecológica, fue comprendida y adaptada a la producción de alimentos por el científico y productor Ernst Götsch, quien desarrolló la agricultura sintrópica (ver Gietzen, 2016 y el video consultado (en línea) el 24/05/2021, en <https://www.youtube.com/watch?v=gSPNRu4ZPvE>).

tiene un significado como indicadora del estado de un lote si es abundante y dominante. Por el contrario, una planta aislada es indicativa solo para su esfera inmediata y no para toda la parcela (Ducérf, op. cit.). Para dar un ejemplo, en el proyecto PRV “El Verdadero Paraíso” (Santa Fe, Argentina), tuvimos la oportunidad de observar cómo el suelo se recuperaba de una inundación. A pesar de que el productor hacía 26 años que había sembrado, por primera y única vez, un mix de pasturas, entre ellas el trébol blanco (*Trifolium repens*), luego de 6 meses de inundación, el suelo se repobló únicamente de trébol (ver Imagen N° 17). La explicación a este hecho es que la saturación del suelo provoca una pérdida masiva de nitrógeno, el cual se gasifica y vuelve a la atmósfera; además, al secarse, el suelo queda pobremente cubierto. El trébol, al fijar nitrógeno atmosférico y al tener la capacidad de cubrir rápidamente el suelo, revirtió estas dos condiciones, dando lugar, luego de un pastoreo, a la aparición de otras pasturas.

Imagen N° 17 (a, b y c): Secuencia de imágenes que muestran la recuperación de un suelo inundado gracias a la acción de plantas espontáneas (trébol blanco)

(a) 07/09/2018



(b) 17/09/2018



(c) 09/10/2018



Fuente: Fotos del autor, tomadas en el proyecto “El Verdadero Paraíso”, Santa Fe, Argentina, 2018.

Otro claro ejemplo de plantas espontáneas es el caso de las “malezas” Crucíferas. Vimos que, bajo manejo convencional (a cualquier escala), el suelo se compacta en superficie y profundidad, lo que sumado a la elevada utilización de pesticidas hace que la actividad biológica sea muy deficiente. Entonces, entendemos por qué muchas veces los campos son invadidos casi exclusivamente por crucíferas, con su capacidad de crecer normalmente sin la asociación con micorrizas y con su fuerte sistema radicular pivotante (ver Imagen N° 18).

Imagen N° 18: Fuerte raíz pivotante de una crucífera espontánea



Fuente: Foto del autor, tomada en Los Alisos, Jujuy, Argentina, 2020.

En consecuencia, el nabo (*Brassica rapa*), muy lejos de estorbar la obtención de cosechas, intenta devolver profundidad, infiltración de agua y reactivar la vida del suelo.

De la misma manera, la rama negra (*Conyza bonariensis*) es una planta que crece espontáneamente en suelos compactados, descubiertos y con exceso de bases (ver Imagen N° 19). Su presencia dominante indica que la biodiversidad va en caída libre y que el suelo está pobre y degradado, en camino a la desertificación (Duceref, op. cit.).

Imagen N° 19: Rama negra sobre suelo descubierto<sup>67</sup>



Fuente: Consultado (en línea) el 07/02/2021, en <https://campoenaccion.com/actualidad/redescubrir-tecnologas-para-darle-un-sper-golpe-a-la-rama-negra.htm>

Otros ejemplos pueden ser estudiados en la bibliografía de Primavesi (2009), Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho (op. cit.), Pinheiro Machado (2016), Ducerf (op. cit.) y Lattuca *et al.* (2019).

En términos generales, la agricultura y ganadería industrial conducen el suelo hacia un estado de sucesión temprana: el pie de arado lo vuelve superficial, la costra en superficie lo vuelve poco permeable al agua y al aire, la falta de cobertura lo mantiene seco y con amplitud térmica marcada; todo esto, sumado a la falta de MOS y actividad biológica, genera un suelo con casi todas las características de una roca. De hecho, en un suelo así se encuentran creciendo en su superficie líquenes (colonizadores de rocas) y frecuentan las hormigas.

La naturaleza se aseguró con un inmenso reservorio de remediadores de nuestro manejo inadecuado del suelo: el banco de semillas. Con esta

---

67- “Los productores se acostumbraron a convivir con ella (...) aunque eso signifique un alto costo económico”. Consultado (en línea) el 07/02/2021, en <https://campoenaccion.com/actualidad/redescubrir-tecnologas-para-darle-un-sper-golpe-a-la-rama-negra.htm>

mirada, las plantas que emergen sin ser sembradas y luego de alguna práctica antrópica (remoción de suelo, siembra, cosecha, pastoreo, etc.) u otro suceso destructivo del suelo (inundación, derrumbes, incendios, depósito de sedimentos, etc.) dejan de ser llamadas “malezas” y pasan a ser entendidas y mejor nombradas como plantas indicadoras o espontáneas.

Los animales, al depender de las plantas, también indican una situación del estado del suelo; por ejemplo, un ambiente con una gran proporción de material vegetal lignificado es generalmente invadido por termitas, de la misma manera, cuando el suelo está descubierto con bajos contenidos de MOS y escasa cobertura vegetal se puebla de hormigas. De hecho, estos dos insectos son indicadores de un estado degradado del agroecosistema. En el caso de las termitas, según Pinheiro Machado (op. cit.), en sistemas de pastoreo racional, estas marcan el inicio de un nuevo ciclo biocenótico con la degradación inicial del material vegetal lignificado, generado por el pastoreo extensivo.

Como hemos mencionado anteriormente, la presencia de lombrices, ácaros y colémbolos en el suelo, al ser organismos muy sensibles a los agrotóxicos y a la destrucción del suelo (son organismo geobiontes), indican (si están presentes) un estado superior de biocenosis (Pinheiro Machado, op. cit.).

Es necesario entender entonces que, al trabajar bajo los patrones naturales de producción, la naturaleza está llena de mensajes, por lo tanto, su interpretación es tan o más necesaria que un análisis estándar de suelo. De hecho, este último debe ser corroborado y complementado con los bioindicadores de fertilidad natural, pues, a diferencia del laboratorio, estos no tienen errores técnicos ni de cálculo. Las plantas espontáneas y los animales de un lote pasan a ser herramientas de diagnóstico de la situación del lote y nunca un estorbo a eliminar.

## **Conclusiones**

- El monocultivo es inadmisibles e incompatible con la producción agroecológica a cualquier escala, y con el bienestar de la población mundial.

- La biodiversidad fomenta la supresividad de plagas (de cualquier tipo), tanto de la raíz como de la parte aérea de la planta.
- Los “pilares fundamentales” deben adaptarse a la especificidad de cada sistema (suelo, clima, disponibilidad de recursos, situación familiar del productor, mercados, cultura, etc.).
- La planificación agroecológica de producción es mucho más compleja, por lo que demanda técnicas muchas veces, también, complejas: poco enseñadas y estudiadas, además de poco compatibles con las políticas agropecuarias en vigencia.
- Así como la industria de las maquinarias se adaptó a las prácticas convencionales (por ejemplo, cosechadoras para altos rendimientos), debe hacer lo mismo con las prácticas agroecológicas. Esto permitirá agilizar técnicas de manejo para la producción agroecológica a escala.
- La naturaleza brinda herramientas de diagnóstico gratuitas, cuyos mensajes sirven a su vez como retroalimentación de las prácticas de manejo que estamos aplicando.

## CAPÍTULO 11

# **LEYES UNIVERSALES DEL PASTOREO**

Una inigualable explicación de la Leyes Universales del Pastoreo fue hecha por su creador, Andre Voision (1957), y luego por Pinheiro Machado (2016); este último además agregó, al beneficio ecológico de las Leyes del Pastoreo, el “Efecto Saliva”. Es necesario y oportuno resumir estos pilares para no perder la continuidad del libro y así facilitar la comprensión del lector, pero para profundizar estas cuestiones se recomienda la lectura de los trabajos de los autores mencionados.

Voisin en 1957 dijo: “Al satisfacer las necesidades de la hierba, no debemos descuidar las necesidades de la vaca. No debemos tampoco satisfacer solamente a la vaca descuidando a la hierba”. Así, luego de más de 12 años de estudio y práctica en pastoreo racional, Voisin consideró necesario crear 4 Leyes Universales que se aplican cualesquiera sean las condiciones de suelo, clima, altura, latitud y longitud. Siempre que crezca pasto, el pastoreo racional, más que posible, es necesario. Las dos primeras leyes hacen referencia a las necesidades del pasto y las últimas dos a las del animal, debido a que no se debe olvidar la dependencia que existe entre la vaca y el pasto.

### **1<sup>ra</sup> Ley o “Ley del Reposo”**

Para que un pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes sucesivos a diente, haya pasado el tiempo suficiente, que permita al pasto:

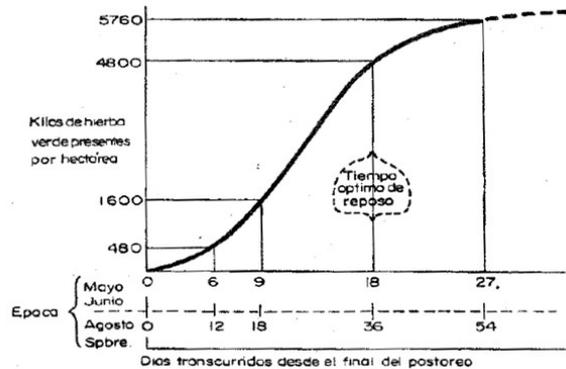
1. Almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un inicio de un rebrote vigoroso;

2. Realizar su llamarada de crecimiento, o gran producción de pasto por día y por hectárea (ibíd.).

### ***Corolario de la 1<sup>ra</sup> Ley***

“El período de descanso entre dos cortes a dientes sucesivos será variable de acuerdo con la estación, las condiciones climáticas y demás factores ambientales”. Esta Ley se explica con la curva sigmoidea de rebrote de cualquier pastura (ver Gráfico N<sup>o</sup> 16). En este gráfico presentado puede observarse que, una vez cortado el pasto, el rebrote inicia con lentitud, por ejemplo, en verano comienza 6 días luego del corte y este rebrote produce 480 kg de Materia Fresca (MF) por hectárea; lo mismo ocurre en invierno, pero con el doble de tiempo. A medida que aumenta la superficie fotosintética activa, el crecimiento se potencia, por ejemplo, a los 9 días la pastura ya produjo, en verano, 1600 kg MF/ha, es decir, en este momento del rebrote la pastura produjo el triple en la mitad del tiempo, comparado con el inicio del rebrote. Este crecimiento exponencial llega a un punto máximo a partir del cual las mismas hojas se sombrean y, por consiguiente, su eficiencia fotosintética disminuye; por ejemplo, a los 18 días la producción alcanzó 4800 kg de MF/ha, es decir, en 9 días más, el rendimiento se triplicó nuevamente; pero si esperamos otros 9 días (día 27, en el gráfico), el rendimiento ni siquiera se duplica. Al período de crecimiento exponencial que, según el gráfico, sería desde el día 6 hasta el 18 en verano, Voisin lo llamó “Llamarada de Crecimiento” (LC); y al final inmediato de este período de máximo crecimiento, es decir, cuando la velocidad de la aceleración de la curva sigmoidea es igual a cero (Pinheiro Machado Filho, 2011) lo llamó “Punto Óptimo de Reposo” (POR), en otras palabras, es el mejor momento para aprovechar el pasto.

Gráfico N° 16: Crecimiento y producción total de hierba, por hectárea, en dos estaciones diferentes



Nota: En el Hemisferio Norte, mayo/junio es verano y agosto/septiembre es invierno.

Fuente: Voisin, op. cit.

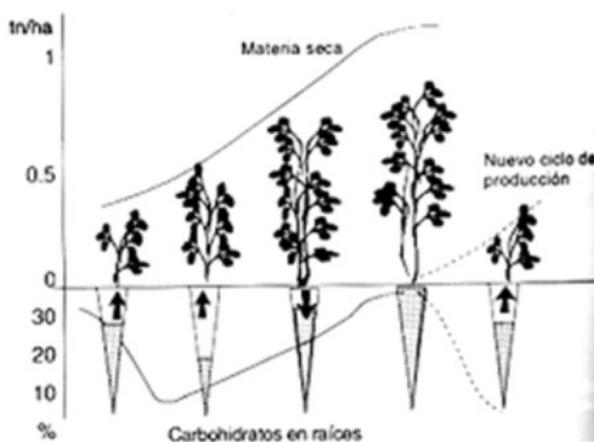
Si solo analizamos la curva de rebrote para determinar el POR, nos daría la impresión que solo estamos buscando el mayor rendimiento de la pastura; pero en realidad, cuando se analizan otras cuestiones como las reservas energéticas necesarias para iniciar el rebrote, la eficiencia fotosintética, la calidad nutricional de la pastura y la utilización racional del agua del suelo, vemos que el POR lleva bien puesto su nombre.

### *Reservas Energéticas para el Rebrote*

En el Gráfico N° 17 se observa que, al inicio del rebrote, las raíces exportan carbohidratos (energía) hacia las yemas de la parte aérea para que estas inicien su crecimiento. A medida que las yemas producen hojas y estas son capaces de mantener la demanda energética de la copa con sus propios fotosintatos, la raíz deja de exportar energía y es la copa la que comienza a exportar los excedentes de carbohidratos hacia la raíz, donde son almacenados para el próximo rebrote. Como puede observarse, el exceso de carbohidratos se produce durante la LC y, en consecuencia, la máxima acumulación ocurre inmediatamente al finalizar la LC, que es el POR. En otras palabras, cuando la pastura ofrece la mayor producción de pasto por

hectárea, la reserva para el rebrote es óptima para iniciar un vigoroso y nuevo ciclo. En cambio, si el corte ocurre antes del POR, la pastura agota su reserva energética y el rebrote es débil, y si esto ocurre de forma constante (como en el pastoreo extensivo), la pastura termina muriendo y dejando lugar a las mal llamadas “malezas”.

Gráfico N° 17: Representación gráfica del crecimiento aéreo y la movilización de carbohidratos no estructurales en las raíces



Nota: La curva por arriba del eje de las abscisas representa la sigmoidea del rebrote, mientras que la curva inferior representa la evolución de las reservas energéticas de la raíz.

Fuente: Romero *et al.*, 1995.

Si el pasto no es cortado en el POR, es decir, se lo deja continuar con su ciclo, la fotosíntesis disminuye y la energía reservada en las raíces empieza a ser utilizada para la producción de semillas, por lo que, al final del ciclo, el pasto que no se aprovecha termina seco, semillado y con escasas reservas para el rebrote siguiente. Por esta razón, las pasturas diferidas demoran mucho su rebrote en comparación con las pasturas que fueron cortadas. Además, la paja sombrea los nuevos puntos de crecimiento ubicados en la base del pasto, reduciendo aún más la capacidad de rebrote.

### *Eficiencia Fotosintética antes y después de la LC*

Las hojas primerizas del rebrote no son fotosintéticamente capaces de mantener la respiración de la estructura de la planta que quedó luego del corte. Consecuentemente, en una primera etapa la respiración supera a la fotosíntesis y el crecimiento, entonces, es mantenido por las reservas de la planta. A medida que las hojas se desarrollan y aparecen nuevas, la fotosíntesis va incrementando hasta un punto máximo donde puede ser 30 veces superior a la respiración, esto ocurre durante la LC, y es cuando las reservas de la base y, principalmente, de la raíz de la planta son repuestas (Pinheiro Machado, op. cit.). Luego de la LC, las hojas de la misma planta empiezan a sombrearse y además entran en senescencia, por lo tanto, la tasa fotosintética disminuye bruscamente (como se pudo observar anteriormente en el Gráfico N° 13).

### *Calidad Nutricional*

Al inicio del rebrote la pastura es carente en fibra y posee abundante nitrógeno no proteico (NNP), el cual genera diarreas y termina desperdiándose. A medida que avanza el rebrote, la fibra y nitrógeno proteico van aumentando hasta un punto de máximo equilibrio que coincide con el POR, luego la fibra se vuelve excesiva y el nitrógeno desciende bruscamente, como ocurre con una pastura diferida. Esto es muy importante, ya que hemos visto lo vital de las proteínas de calidad para la nutrición de animales superiores a diferencia de los insectos. En otras palabras, en el POR, el equilibrio nutricional es máximo.

Además, el pasto en su POR tiene un mayor contenido de compuestos antioxidantes (Holz, 2015), digestibilidad superior y *produce menor emisión de carbono por parte de la vaca* (Seó et al., 2017; Stanley et al., 2018; Pereira et al., 2020). Todo esto da como resultado leche y/o carne con un contenido de mayor calidad biológica, como ya hemos visto.

### *Utilización Racional del Agua del Suelo*

La utilización de agua del suelo por parte de la pastura, pasado el POR, puede ser 9 veces superior al promedio de su demanda hídrica total (Pinheiro Machado, op. cit.). Esto se debe a que, generalmente, el momento

que le sigue al POR coincide con la floración y fructificación, y estas etapas son muy demandantes de agua. Por ejemplo, en el caso del trigo (ocurre de forma similar con el resto de las gramíneas anuales y perennes), después de la germinación, necesita en promedio 130 l de agua para producir 1 kg de MS; mientras que, durante la formación de granos, necesita 2700 l por cada kilogramo de MS producido; y, luego de la maduración de los granos, la demanda hídrica vuelve a bajar (Pinheiro Machado, op. cit.). Es decir, por más que la información bibliográfica nos indique un consumo promedio de 300 l/kg MS producidos, el consumo real es menor o mayor dependiendo del momento fenológico de la planta.

De esta forma se puede concluir que cumplir con la 1<sup>ra</sup> Ley de Voisin, es decir, comer el pasto constantemente en el POR, trae los siguientes beneficios inigualables al sistema:

- Mayor producción forrajera.
- Mayor equilibrio nutricional.
- Mayor entrada energética al sistema, y sus consecuencias benéficas sobre la fertilidad natural del suelo.
- Pasturas realmente perennes (ahorro sustancial en renovación de pasturas).
- Utilización racional del agua almacenada en el perfil del suelo, lo que se traduce a mayores períodos de producción (la sequía llega más tarde<sup>68</sup>).

Es necesario aclarar que, como dijo Voisin, el tiempo en que el POR es alcanzado por la misma pastura nunca es el mismo, ya que son las condiciones ambientales en el momento del corte y durante el reposo lo que definen el tiempo del POR; como se vio en el Gráfico N° 16, el POR es más rápido en verano que en invierno. De la misma forma, si luego del corte los días se mantienen húmedos y frescos, el POR puede demorar más que si los días son cálidos y secos.

---

68- Para esto, también, ver las Imágenes N° 21 (pág. 220) y 28 (pág. 247).

## **2<sup>da</sup> Ley o “Ley de Ocupación”**

El tiempo global de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto para que la hierba cortada a diente el primer día (o al principio) del tiempo de ocupación no sea cortada de nuevo por el diente de los animales antes de que estos dejen la parcela (Voisin, op. cit.).

Esta Ley es inseparable de la primera, es decir, si dejas a los animales mucho tiempo en la misma parcela, estos volverán a comer el rebrote de la pastura que consumieron en el POR al inicio del tiempo de ocupación, por lo tanto, la primera Ley deja de ser cumplida. En efecto, si existe un punto óptimo para cortar el pasto, existirá también un tiempo óptimo para que los animales estén pastoreando en él (Pinheiro Machado, op. cit.). En términos prácticos, se recomiendan periodos cortos de ocupación que no superen, en lo posible, los tres días en verano y los cinco días en invierno. Veremos más adelante que cuanto menos tiempo ocupe la parcela el animal que pascará será mejor para la producción de carne o leche.

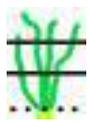
## **3<sup>ra</sup> Ley o “Ley de los Rendimientos Máximos”**

Es necesario ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de hierba y que esta sea de la mejor calidad posible (Voisin, op. cit.).

En un rodeo ganadero generalmente existen, en el mismo momento, categorías de animales con mayores exigencias nutricionales, por ejemplo, no es lo mismo una vaca en pleno pico de lactancia, que una vaca seca en el primer tercio de gestación.

Además, la pastura difiere nutricionalmente en altura, como puede verse en la Tabla N° 23. A medida que nos acercamos a la superficie del suelo, la cantidad y calidad nutricional disminuyen significativamente, y, en consecuencia, también lo hace la producción de carne o leche.

Tabla N° 23: Composición de diferentes estratos de *Cynodon nlemfuensis*, en el POR

Estrato	MO digestible	Energía metabolizable	Proteína bruta	Consumo estimado	Producción lechera
	g/kg	Mcal/kg MS	%	kg MS/vaca	Kg/vaca/día
	544	1,95 (2,1)	14,7 (14,8)	18 (20)	15 (18)
	514	1,85	13,4	14	10
	486	1,75	9,3	10	4

Nota: Los números entre paréntesis corresponden a la alfalfa (*Medicago sativa*), a efectos comparativos.

Fuente: Pinheiro Machado, op. cit.

La calidad superior de las puntas explica por qué los animales prefieren despuntarlas y no quedarse a comerlas hasta el fondo. Además, la mayor cantidad de fibra y la menor oferta en la parte inferior significan un mayor gasto energético para la cosecha.

Al inicio de la ocupación, la pastura ofrece la máxima cantidad y calidad, esto significa que los animales inicialmente pueden cosechar fácilmente grandes cantidades de pasto de altísima calidad; por esta razón, Voisin aclara que es conveniente agrupar los animales de máxima exigencia nutricional para que despunten la hierba en el primer día, y luego terminar de comer la pastura con animales de menor requerimiento nutricional.

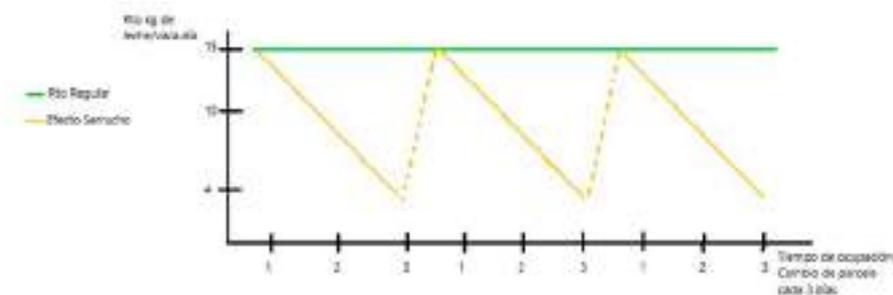
#### 4<sup>da</sup> Ley o “Ley del Rendimiento Regular”

Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en la parcela (Voisin, op. cit.).

Como dijimos anteriormente, los animales prefieren despuntar, por lo tanto (según la carga animal), durante el primer día de ocupación, habrá sido consumido el tercio superior de la pastura y, en consecuencia, la producción habrá sido la máxima posible. A medida que pasa el tiempo, la oferta cuantitativa y cualitativa del pasto disminuye, y así también lo hará el rendimiento de los animales (ver Tabla N° 23). Cuando estos vuelvan

a entrar en una parcela nueva, el rendimiento llegará nuevamente al máximo el primer día para luego decrecer a medida que avanza el tiempo de ocupación, esto se denomina “Efecto Serrucho” (ver Gráfico N° 18). En cambio, si los animales en producción permanecen un solo día en la pastura, permanentemente, estarán cosechando la máxima cantidad y calidad posible, lo que le permitirá rendir al máximo todos los días (Rendimiento Regular).

Gráfico N° 18: Efecto Serrucho y Rendimiento Regular



Fuente: Elaboración propia, con base en los datos de Pinheiro Machado, op. cit.

Si se divide al ganado en dos rodeos, se podrá realizar el despunte con los más exigentes y repasar con los menos exigentes. Esto permite que el sistema ganadero rinda al máximo posible solo con pasto, ya sea en litros de leche por día o ganancia de peso diario.

Luiz Carlos Pinhero Machado (op. cit.) diseñó un sistema de manejo en el que es posible la aplicación en simultáneo de estas 4 Leyes Universales de Pastoreo, y a lo que le agregó otras cuestiones, como el agua en cada parcela, el bienestar animal, entre otros. Además, a los beneficios ecológicos y económicos de estas Leyes, le sumó el “Efecto Saliva”. Luiz Carlos citó el trabajo de Reardon *et al.* (1974), realizado en *Texas A&M University*, quienes encontraron que la saliva de los herbívoros (bovinos, ovinos, caprinos y equinos) estimulaban el rendimiento del rebrote hasta un 44%. Esto se debe a la presencia en la saliva de tiamina, que estimula el crecimiento del pasto. “Las pasturas que crecen en arena y son tratadas, tanto con saliva como con tiamina, tuvieron un rendimiento significativamente superior de forraje que pasturas con el mismo tratamiento, pero crecidas en un suelo arcillosos más

fértil” (Reardon *et al.*, op. cit.). Evolutivamente, esto no sería de extrañar, ya que el pasto y el herbívoro co-evolucionaron, esto quiere decir que, no solo el pasto brinda servicios al animal, sino que el animal también brinda servicios al pasto. Naturalmente, los rumiantes se agrupan para aumentar su seguridad frente a los predadores; este agrupamiento agota rápidamente la oferta de alimento del sitio (además, un herbívoro no come donde hay heces frescas), por lo tanto, están obligados a permanecer en continuo movimiento (Savory y Butterfield, 2019). De esta forma, los predadores actúan como pastores que obligan a los herbívoros a no comer el rebrote, de hecho, las manadas vuelven al mismo sitio de pastaje luego de un tiempo prolongado. Es decir, la pastura se adaptó a ser pastoreada al ras (porque los animales no respetan ninguna altura cuando el agrupamiento presiona al pastoreo), pisoteada, bosteada, orinada, salivada y dejada en reposo por un período de tiempo considerable.

De esta forma, en el pastoreo racional, regenerativo o agroecológico, el ser humano imita el patrón natural de pastoreo, mediante el manejo de los animales, es decir, guiándolos mediante instalaciones adecuadas a pastar siempre en el POR.

### **¿Por qué las Leyes de Voisin son consideradas “pilares fundamentales” en Agroecología?**

Hemos visto con anterioridad lo vital de la MO y su relación con la vida del suelo, también sobre su estructura y los procesos de fertilidad natural que estos mantienen. Asimismo, vimos que la agricultura convencional, la que lleva 50 años aplicándose en casi todos los campos de nuestro país, donde el NOA no es la excepción, ha destruido los suelos. Resulta que recuperar la fertilidad y producir al mismo tiempo es algo muy complicado de hacer de un día para el otro, ya que primeramente el suelo debe ser detoxificado y reestructurado. Ahora veremos que la ganadería racional (la que aplica las Leyes de Voisin, como el PRV) no solo genera un beneficio económico al productor, sino que también es la herramienta más eficiente que se conoce para la recuperación (regeneración<sup>69</sup>) de suelos y consecuente secuestro y

69- La Agroecología tiene un doble desafío: no solo tiene que producir en cantidad y calidad, sino que, además, debe corregir los errores destructivos de la agricultura convencional; en otras palabras, la Agroecología debe regenerar y al mismo tiempo

almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Daremos una breve explicación del porqué de esta afirmación.

Comparado con un sistema ganadero extensivo, la ganadería racional puede triplicar la carga zonal inmediatamente al inicio del proyecto; esto se debe, principalmente, a que el pasto deja de ser comido al inicio del rebrote, para ser siempre aprovechado al final de la LC, lo que significa mínimamente un triple de oferta forrajera. Pero para lograr esto, la superficie total debe ser subdividida en un número de potreros que permita este manejo racional, como se hace, por ejemplo, en un proyecto de PRV (Pinheiro Machado, op. cit.). Esta subdivisión obliga a los animales a amontonarse en verdaderas mandas y a permanecer en movimiento continuo. Ya hemos visto, en la Tabla N° 18, la cantidad de nutrientes que posee la bosta y orina bovina, imaginemos entonces el depósito de MO de alta calidad que ocurre en una parcela manejada de esta forma:

- Una UGM<sup>70</sup> bosteas en promedio 25 kg y orina 14 l/día (valor muy dependiente de diversos factores), es decir, 39 kg de MO de altísima calidad por día. Supongamos una carga instantánea de 200 UGM/ha (carga fácil de alcanzar en proyectos PRV) en un área que fue utilizada solamente durante 10 días en el año, habría entonces un depósito de 78.000 kg de MO (200 UGM x 10 días x 39 kg), lo que corresponde a 7,8 kg de MO de altísima calidad por cada metro cuadrado de suelo (Pinheiro Machado, op. cit.). Esta cantidad de MO es difícil de aplicar incluso en una pequeña huerta familiar.
- Analicemos ahora una carga global muy frecuente en PRV: 2 a 4 UGM/ha. Del total que bosteas una UGM, solo un 20% es materia seca, cuya composición media es: N= 4,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 1,7%, K<sub>2</sub>O= 1,95%, Ca= 1,75%. Si tomamos la carga mínima de un PRV, estas 2 UGM/ha bostearán 3.650 kg MS por año (25 x 2 x 365 x 20% MS) que, según la composición anterior, significarán N= 164,25 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 62,05 kg, K<sub>2</sub>O= 71,16 kg, Ca= 63,87 kg. Es decir, ocurre una devolución anual de nutrientes al suelo muy significativa, representando una fertilización que ningún abono verde podría incorporar. Pero no olvidemos que, en realidad, lo más importante

---

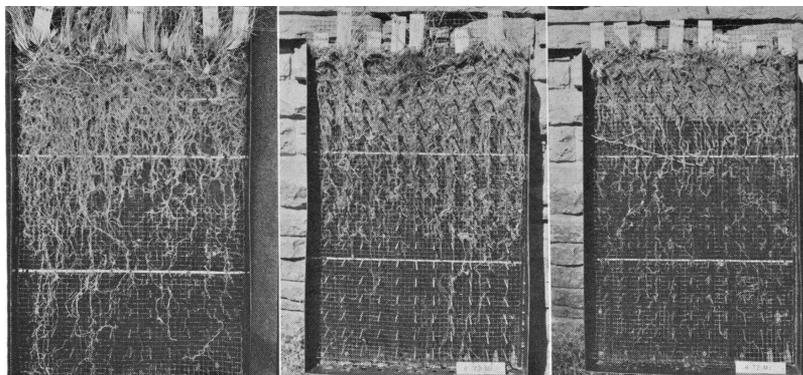
producir. De aquí deriva el término de "Agricultura Regenerativa".

70- UGM: Unidad de Ganado Mayor, representa un animal de 500 kg de peso vivo.

de este aporte de MO es su acción catalizadora de la vida del suelo (Pinheiro Machado, op. cit.; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016).

- En un proyecto de ganadería agroecológica, nunca se siembra una sola pastura, sino que se busca lógicamente la diversidad. De hecho, una práctica común consiste en la utilización de pasturas nativas que ya se encuentran implantadas y adaptadas al lugar, a las que se les empieza a dar un manejo racional para, luego de haber probado el poder productivo de lo nativo, decidir si es necesario o no enriquecer la pradera con alguna especie introducida de mayor potencial productivo. La siembra de pasturas es necesaria cuando se parte de un suelo que fue explotado convencionalmente, donde hay que acelerar el crecimiento del pasto; en este caso, se analiza el mix de especies forrajeras más conveniente para la zona. Es decir, una pradera regenerativa es diversa y, como ya vimos, esto por sí solo mejora la actividad biológica del suelo y del ambiente en general. Existe una relación directa entre la parte aérea y la raíz de una planta, si la parte aérea es pobre, también lo será la raíz. Una pastura cortada continuamente al inicio del rebrote, posee un sistema radicular muy pobre (ver Imagen N° 20).

Imagen N° 20: Profundidad de raíces de pasturas con diferentes intensidades de



Nota: Izquierda: sin pastoreo. Centro: pastoreo moderado. Derecha: pastoreo intenso. Las líneas blancas horizontales de arriba a abajo indican profundidades a 15 cm, 30 cm y 60 cm.

Fuente: Schuster, 1964.

Sobre esta última imagen presentada, es necesario aclarar que el estudio se realizó durante un periodo de pastoreo continuo de 5 meses, es decir, el pastoreo moderado e “intensivo” fue continuo, y en el primero la carga inferior hizo que en la superficie pastada solo se consumiera un 30% del total ofrecido por la pradera, mientras que, con el pastoreo intensivo, se consumió un 75%. Ninguno de estos tipos de pastoreo respetó las leyes de Voisin, es decir, los animales en ambos lotes de pastoreo comieron el rebrote de las pasturas preferidas y dejaron pasar las pasturas menos palatables. De todas formas, queda claro que cuando a una pastura se la deja reposar lo suficiente (representada por la sección izquierda de la *Imagen N° 20*), las raíces pueden explorar mayores profundidades. Esto último es clave para la obtención de minerales de las capas profundas y para generar conductos profundos por donde el agua se infiltra, aumentando así la reserva hidrológica del suelo y la captación de nutrientes. Así, vemos que con ganadería ecológica se estimula la exploración en profundidad del suelo. Ahora bien, todos los años una fracción de las raíces de las pasturas muere y se descompone, y, cada 3 a 4 años, todo el sistema radicular se renueva. En términos generales, esta renovación de raíces puede representar entre 5 a 6 toneladas de MS/ha (Pinheiro Machado, op. cit.). En consecuencia, vemos que las pasturas diversas y bien manejadas aportan considerables cantidades anuales de material orgánico en superficie y profundidad; cubren el suelo todo el año y aportan continuamente carbono líquido, lo que es clave para la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico y su almacenamiento como MO estable (Jones, 2008); mejoran la estructura; aumentan la infiltración del agua<sup>71</sup>; mantienen activa la biocenosis y aumentan su fertilidad natural. Y este buen manejo se hace con animales que, como vimos, no solo estimula el crecimiento de las pasturas con su saliva (Efecto Saliva), sino que también aportan inigualables cantidades de MO de altísima calidad, catalizando la biocenosis, los ciclos biogeoquímicos, las transmutaciones biológicas, el ciclo etilénico;

---

71- Ver *Ground Cover and Water Infiltration*, consultado (en línea) el 21/05/21, en // <https://www.youtube.com/watch?v=ZohI2YR7wQ4>

llevando todo hacia una recuperación de la fertilidad que es inalcanzable si se realiza solo con plantas; y generando, al mismo tiempo, un beneficio económico incomparable con la ganadería extensiva convencional.

A continuación, la Imagen N° 21 muestra los resultados de un manejo agroecológico de pasturas en comparación con el manejo convencional (pastoreo extensivo).

Imagen N° 21: límite entre dos sistemas de ganadería diferentes



Nota: Detrás del alambre: pastoreo extensivo. Delante del alambre: Pastoreo Racional Voisin.

Fuente: Foto el autor, tomada en el proyecto “El Verdadero Paraíso”, Santa Fe, Argentina, 2018.

La Imagen N° 21 fue tomada en Amenábar (sur de Santa Fe), el día 18 de septiembre, es decir, en plena época de sequía y bajas temperaturas. Sin embargo, en ambos lados del alambre ocurren las mismas condiciones ambientales, lo único que variaba era el manejo. El pasto seco de uno de los lados es el resultado de un manejo tipo extensivo (sin respetar las Leyes Universales de Voisin). Además, se pueden ver animales dispersos

comiendo paja sin valor nutricional. Ese pasto muerto cubre pobremente el suelo y no aporta energía al sistema, y los animales que lo comen tienen un consumo reducido por su alto contenido en fibra, lo que no solo produce menores ganancias diarias de peso, sino que genera una bosta de bajísima calidad que difícilmente se incorporará en el suelo (ver Imagen N° 22), en consecuencia, el reciclaje de nutrientes estará muy limitado.

Imagen N° 22 (a y b): Bosta resultante de dos sistemas diferentes de manejo de pasturas



Nota: Ambas imágenes se tomaron el mismo día. La imagen superior fue tomada del mismo sistema extensivo de la Imagen N° 21, mientras que la inferior fue tomada del sistema racional también de la Imagen N° 21.

Fuente: *ibíd.*

Como ya hemos mencionado, el pasto pasado limita la biocenosis, no solo porque la fotosíntesis no ocurre limitando el ingreso de energía para la vida del suelo, sino también porque el alto contenido de lignina solo permite la proliferación de un grupo muy pequeño de microbios que la descomponen, los cuales secuestran el nitrógeno del suelo para poder hacerlo (aumenta la relación C/N). El balance de carbono, en un sistema tan ineficiente como este, será negativo; es decir, se emitirá más carbono a la atmósfera del que

se secuestra. Todo lo contrario, ocurre en un sistema racional, donde el suelo no solo recupera de forma inigualable su fertilidad, sino que, además, permite una producción animal muy superior y de altísima calidad biológica (ricas en O3 y ALC), al mismo tiempo que secuestra carbono atmosférico almacenándolo en el suelo bajo formas estables (Stanley *et al.*, 2018). *Por ejemplo, una hectárea de pastura manejada racionalmente secuestra en un día todo el carbono que una vaca emite en un año* (Pinheiro Machado, op. cit.). Hay que entender, entonces, que la ganadería racional *no entra* en la actividad productiva más contaminante que menciona la FAO (y los medios de comunicación), todo lo contrario, ¡es la herramienta productiva con las mayores tasas de secuestro de carbono atmosférico que se conoce! Entonces, *¿cómo un informe FAO puede no mencionar este detalle al condenar una actividad productiva?* Es importante disminuir las emisiones de carbono hacia la atmósfera, sin duda, pero igual importancia tiene secuestrar carbono, pues ya está en concentraciones que, por más que se detengan las emisiones, el planeta se seguirá calentando. Entonces, si una motivación para reemplazar la proteína animal por una industrializada (alimentos 3D) es el reducir las emisiones, ¿qué pasa con el secuestro?, ¿eliminaremos una superherramienta de secuestro de carbono atmosférico para apoyar el interés económico de unos pocos?

Mejor habría sido invertir el dinero que se utilizó para el desarrollo de la comida 3D en inventar una batería de almacenamiento de energía solar que sea más eficiente que un barril de petróleo. De esta forma se hubiera eliminado la manera de emisión más común en todos los sistemas de producción y servicios: el combustible fósil, y se podría, a la vez, promover las prácticas productivas racionales para fomentar el secuestro masivo de carbono que necesitamos; pero ¿quién atenta contra su propio negocio?

### **MO de origen animal**

La materia orgánica de origen animal (bosta y orina) es superior frente a cualquier material orgánico de origen vegetal, ya sea para su transformación en compost, vermicompost, o para su utilización directa sobre el suelo; ya que el material vegetal para ser compostado, primeramente, debe ser reducido en tamaño por la acción física de la fauna edáfica, luego podrá seguir siendo

procesado por microorganismos si las condiciones ambientales les son favorables. El rumiante cosecha la fertilidad de distintos sitios del suelo, al masticar el pasto lo reduce de tamaño para luego enviarlo a una cuba de fermentación donde habitan un sinnúmero de microbios descomponedores que permanecen activos *todo el año*. El rumen de una vaca posee condiciones óptimas para el funcionamiento microbiológico, aun en invierno. De esta forma, los animales entregan al suelo un material orgánico diverso, picado, con humedad, temperatura óptima y cargado de microorganismos. De hecho, ya en 1988, Tilman había mencionado un trabajo (y otros similares) en donde se demostraba *a largo plazo* (10 años), que los rendimientos de maíz no difieren significativamente cuando se cultivaban con nitrógeno químico (fertilizante), nitrógeno fijado por leguminosas (infectadas con bacterias fijadoras de nitrógeno) y nitrógeno proveniente de estiércol de ganado alimentado a pasto, “aplicándose” en los tres tratamientos las mismas cantidades de nitrógeno y destacándose que en estos estudios el tratamiento con guano fue superior al de leguminosas y que, lógicamente, el sistema convencional (fertilizante químico) contaba con la inmensa desventaja de ocasionar un alto costo ambiental, reflejado en un 60% más de acumulación de nitratos en aguas subterráneas en comparación con los dos sistemas anteriores.

Por esta razón, los sistemas de producción que han logrado reducir bruscamente las aplicaciones de pesticidas sin disminuir rendimientos y mejorando la fertilidad, al mismo tiempo, han utilizado como piedra angular de manejo la MO de origen animal (estiércol o, mejor aún, vermicompost), ya sea mediante su aplicación al suelo utilizando mano de obra y/o maquinaria, o mediante el uso directo con manejo racional de pastura. Por ejemplo, la empresa Aceitera General Deheza (AGD), en la provincia de Córdoba (Argentina), ha recuperado 30.000 ha agrícolas en pésimo estado practicando PRV para luego cultivar granos de manera sustentable (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). Un ejemplo aún más cercano se encuentra en Colonia Santa Rosa (Salta, Argentina), donde dos socios agrónomos lograron mejorar la fertilidad del suelo y producir altas cantidades de hortalizas, utilizando guano de cabra y maloja de caña en los bordos de cultivo<sup>72</sup>. En otras palabras, la eficiencia de la MO de origen

72- Ver capítulo 16.

animal para mejorar suelos es irremplazable y sumamente necesaria para la producción agroecológica a cualquier escala, lo que no significa que no se puedan mejorar los suelos solo con plantas; aunque se consiga en un tiempo más prolongado, es posible.

## Conclusiones

- Un pastizal diverso y manejado racionalmente combina los efectos de la diversidad, la cobertura viva permanente del suelo e impacto animal (saliva, bosta, orina), dando un resultado sinérgico sobre la fertilidad del suelo, comparado con una recuperación realizada solo con plantas o solo con material orgánico de origen animal.
- El PRV es un manejo que permite obtener el resultado del punto anterior y, al mismo tiempo, generar beneficios económicos al productor.
- El manejo racional de pastura (PRV) es la herramienta productiva más poderosa para el secuestro de CO<sub>2</sub> atmosférico y su almacenamiento en el suelo bajo formas estables. La FAO y los medios de comunicación se equivocan gravemente al no discriminar entre tipos de ganaderías.
- La bosta animal es superior como enmienda orgánica frente a cualquier material orgánico de origen vegetal.

Así finalizamos la breve explicación sobre los pilares agroecológicos. Y creemos que son cuestiones que no se deben dejar de lado a la hora de planificar un sistema ético de producción de alimentos. Son los principios de manejo agroecológico que se deben adaptar a la especificidad de cada lugar, de cada finca.

Antes de continuar con la segunda parte, consideramos oportuno hablar a continuación sobre un tema de vital importancia: el *agua*, debido a que siempre es “la limitante” a la que cualquier productor se aferra cuando se le propone un cambio de manejo en su finca.

## CAPÍTULO 12

# **EL INGENIERO AGRÓNOMO Y EL AGUA**

Coautor: Ing. Agr. Fabio David Alabar

El *agua* ( $H_2O$ ) es el constituyente más abundante de las células, en otras palabras, la vida no es posible sin ella. Al mismo tiempo, es el recurso natural más limitante, ya que el agua dulce representa solo el 2,5%, aproximadamente, del volumen total de agua en el planeta. Y de esta cantidad, únicamente el 0.007% se encuentran realmente disponible a todos los usos humanos directos. Como el Ingeniero Agrónomo tiene influencia directa sobre este recurso (además del suelo y el aire), es necesario detenernos en este tema para aportar a la obtención de profesionales comprometidos con la conservación y recuperación del ambiente<sup>73</sup>.

En el Esquema N° 9 podemos ver el ciclo del agua en una macroescala. Notemos que, al igual que el ciclo del carbono, el  $H_2O$  también cumple una parte de su recorrido en el suelo; por lo tanto, cualquier práctica que se realice sobre el suelo tendrá una consecuencia (negativa o positiva) directa sobre el ciclo del agua. A pesar de que a lo largo del libro se fueron remarcando los beneficios de los pilares fundamentales de la agroecología sobre el agua del suelo, creemos necesario detallar el tema debido a las catástrofes que estamos viviendo por no tomar el ciclo del agua en el suelo con la importancia que merece.

---

73- Y así repasar el perfil profesional que persigue nuestra Facultad de Ciencias Agrarias (FCA-UNJu).

Esquema N° 9: Ciclo del Agua a nivel macro



Fuente: Consultado (en línea) el 08/02/2021, en <https://historiadelavida.editorialaces.com/el-ciclo-del-agua/>

Inicialmente mencionamos que la agricultura es el mayor consumidor de agua dulce al representar el 70% de las extracciones de agua dulce proveniente de ríos, lagos y acuíferos. En algunos países en vías de desarrollo, este porcentaje alcanza hasta el 90%. Si consideramos las altísimas cantidades de productos químicos (fertilizantes y pesticidas<sup>74</sup>) que se utilizan para la producción de alimentos, entenderemos que, además, la actividad agropecuaria es la principal responsable en el mundo por la contaminación del agua (FAO, 1997). En la Tabla N° 24 se resumen los efectos de la actividad agropecuaria sobre la calidad del agua. Los contaminantes, procedentes de esta actividad, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia y/o la nieve derretida. Consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos y lagos y, finalmente, hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas transportadas por los ríos. La repercusión ecológica de estos

74- En Argentina se estima un consumo anual de 420 millones de Kg de pesticidas (Sarandón, 2019) y 3.768.000 toneladas de sales fertilizantes (CIAFA – Fertilizar AC, 2017).

contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas, con repercusiones en la biocenosis del suelo, ecosistemas acuáticos, aves, mamíferos y, lo más alarmante, en la salud humana. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) calcula que unas 842.000 personas mueren cada año como consecuencia de la insalubridad del agua, de los cuales 361.000 son niños menores de cinco años de edad.

Tabla N° 24: Efectos de las Actividades Agropecuarias en la calidad del agua

Actividad agropecuaria	Efectos	
	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
<b>Labranza/arado</b>	Sedimentos/turbidez: erosión cuyos sedimentos transportan fósforos y plaguicidas adsorbidos a las partículas de los sedimentos; entarquinamiento de los lechos de los ríos y pérdida de hábitat, desovaderos, etc.	Compactación superficial y profunda del suelo (pie de arado) limita la recarga de acuíferos.
<b>Aplicación de fertilizantes</b>	Escorrentía de nutrientes, da lugar a la eutrofización y produce mal gusto y olor en el abastecimiento público de agua; crecimiento excesivo de las algas que da lugar a desoxigenación del agua y mortandad de peces.	Nitrato hacia las aguas subterráneas; los niveles excesivos representan una amenaza para la salud pública (cáncer).
<b>Plaguicidas</b>	Escorrentía de plaguicidas da lugar a la contaminación del agua superficial y la biota; disfunción del sistema ecológico en las aguas superficiales por pérdida de los depredadores superiores debido a la inhibición del crecimiento y a los problemas reproductivos; consecuencias negativas en la salud pública debido al consumo de pescado contaminado. Los plaguicidas son trasladados en forma de polvo por el viento hasta distancias muy lejanas y contaminan sistemas acuáticos que pueden encontrarse a miles de millas de distancia (por ejemplo, se encuentran plaguicidas tropicales o subtropicales en los mamíferos del Ártico).	Percolación y acumulación en las aguas subterráneas, provocando problemas para la salud humana a través de los pozos contaminados.

<b>Corrales de engorde</b>	Contaminación del agua superficial con numerosos agentes patógenos (bacterias, virus, etc.), lo que da lugar a problemas crónicos de salud pública. Contaminación por medicamentos, metales contenidos en la orina y las heces.	Percolación de nitrógeno, metales, medicamentos, etc. hacia las aguas subterráneas.
<b>Riego</b>	Salinización de las aguas superficiales; escorrentía de fertilizantes y plaguicidas hacia las aguas superficiales, con efectos ecológicos negativos, bioacumulación en peces comestibles, etc. Niveles elevados de oligoelementos con graves daños ecológicos y posibles efectos en la salud humana.	Enriquecimiento del agua subterránea con sales, nutrientes (especialmente nitrato).
<b>Talas</b>	Erosión de la tierra, lo que da lugar a elevados niveles de turbidez en los ríos, entarquinamiento del hábitat de aguas profundas, etc. Perturbación y cambio del régimen hidrológico, muchas veces con pérdida de cursos de agua perennes; el resultado es problemas de salud pública debido a la pérdida de agua potable.	Perturbación del régimen hidrológico, por lo tanto, incremento de la escorrentía superficial y disminución de la alimentación de los acuíferos; influye negativamente en el agua superficial, ya que reduce el caudal durante los períodos secos y concentra los nutrientes y contaminantes en el agua superficial.
<b>Silvicultura</b>	Gran variedad de efectos; escorrentía de plaguicidas y contaminación del agua superficial y de los peces; problemas de erosión y sedimentación.	

Nota: Aquí no se menciona la contaminación con antibióticos y otras sustancias que ocasiona la cría intensiva de salmones y/o truchas en los océanos y/o lagos. Tampoco se consideran los millones de litros de agua que contamina la industria que produce pesticidas.

Fuente: FAO, op. cit.

Cabe destacar dos cuestiones muy importantes de la tabla que acabamos de presentar:

1. Lo que el productor hace en su finca no repercute únicamente en su finca. En otras palabras, el agua que se contamina en la finca tarde o temprano llega al vaso de un consumidor. Esto sucede, por ejemplo: cuando llegan agua contaminada en acuíferos que luego son bombeados para el consumo humano; también, con aguas superficiales contaminadas que desembocan en tomas de agua para consumo; e, incluso, al evaporarse agua contaminada en una finca y luego precipitarse a miles de kilómetros de distancia. En la naturaleza nada está 100% aislado.
2. Se ha patentado que los oligoelementos como Se, Mo y As en las aguas procedentes del *drenaje agrícola* pueden provocar problemas de contaminación que representan una amenaza para la salud pública (Rhoades *et al.*, citado en FAO, op. cit.). Que el agua de esorrentía y drenaje de la agricultura esté cargada con oligoelementos en una concentración tal que se vuelvan tóxicos es la prueba más contundente de que los alimentos producidos en esos suelos serán pobres en oligoelementos, pues nunca se utilizan en un plan de fertilización convencional y, al mismo tiempo, se pierden por lixiviación debido a un manejo de suelo y de la fertilización totalmente irracional (como Hensel en 1898, Howard en 1940 y Voisin en 1966 ya nos habían advertido).

La práctica de descontaminación de agua más accesible de realizar es mediante dilución de tóxicos, es decir, se agrega agua dulce limpia al agua dulce contaminada para disminuir la dosis de sustancias tóxicas. El problema es que en muchos países es ya imposible solucionar el problema de la contaminación mediante dilución, por lo tanto, la calidad del agua dulce se convierte en la principal limitación para el desarrollo sostenible de esos países (el Cáucaso, Asia central, África septentrional, Oceanía y el África subsahariana), debido a una fuerte subida del costo de las medidas correctoras, a la disminución significativa de la salud pública, al descenso de los recursos alimentarios sostenibles (por ejemplo, pesquerías de agua dulce y costeras), entre otras consecuencias (FAO, op. cit.).

## **Agua y erosión**

La capa superficial del suelo (los primeros 5 a 10 cm) es la que concentra mayor fertilidad, ya que en ella encontramos la mayor cantidad de MO fresca y humificada, raíces, macro, meso y microorganismos. A su vez, y lógicamente, la capa superficial del suelo es la primera en ser afectada por los agentes erosivos (agua y viento). Es conveniente repetir los siguientes datos: en el mundo se pierden 2420 tn de suelo por segundo como consecuencia de la erosión, lo que genera un ritmo de desertificación de 1370 ha por hora (Machado y Machado Filho, 2016). Y, en Argentina, más de 60 millones de hectáreas productivas se encuentran afectadas por la erosión y cada año se agregan 650.000 hectáreas, con valores que pueden alcanzar las 8 tn/ha/año (Panigatti, 2015), esto equivaldría a un ritmo de erosión de 2,3 tn por segundo. El arrastre de suelo que produce el agua que no logra infiltrar en un suelo desestructurado (compactado en superficie y profundidad) produce como consecuencia la pérdida masiva de fertilidad, la cual se intenta reemplazar con sales fertilizantes. El problema de esto último no solo radica en la contaminación del agua ya descrita (en Tabla N° 24), sino que, además, el agua siempre fluye de la concentración menor de iones hacia la mayor concentración de iones (“ley de ósmosis”). Por lo tanto, si existieran más iones nutritivos en el agua del suelo, la raíz perdería agua hacia el suelo en lugar de absorberla. Esto es porque en las horas calientes la fotosíntesis baja (apertura estomática reducida) y la raíz recibe menos carbohidratos (grupos carboxílicos: COOH-), lo que diluye la concentración de sustancias dentro de la raíz (Primavesi, 2009). De esta forma, durante el mediodía y las primeras horas de la tarde, las plantas muestran síntomas de estrés hídrico aun con un suelo aparentemente húmedo, volviéndose el riego cada vez más necesario. Solo el agua de lluvia alivia el estrés salino de las plantas así manejadas.

## **Erosión y cambio climático**

El cambio climático se debe principalmente al calentamiento creciente de la corteza terrestre, ocasionado por el aumento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Vimos que la destrucción del suelo es la responsable de las mayores emisiones de GEI. De hecho, según la FAO (2014),

las emisiones de GEI procedentes de la agricultura, la silvicultura y la pesca se han casi duplicado en los últimos cincuenta años, y podrían aumentar en un 30 por ciento adicional para 2050 (ver Esquema N° 10); por lo tanto, la actividad agropecuaria *convencional (=industrial)* no solo responde como la principal contaminante de recursos hídricos, sino también como la principal responsable del cambio climático (contaminación atmosférica).

Esquema N° 10: Fuentes y sumideros en la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra



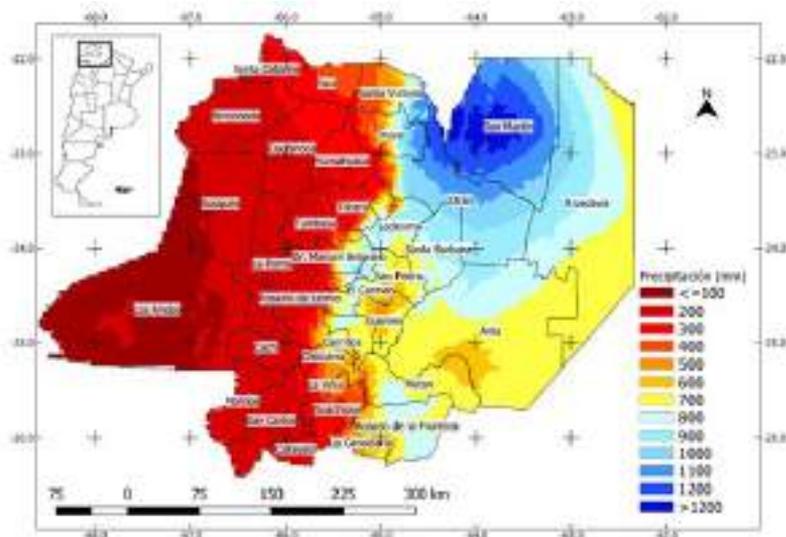
Fuente: ibíd.

### ***¿Cuáles son las consecuencias del cambio climático?***

Investigaciones hechas en Colombia (Cardona-Guerrero *et al.*, 2013) y en el centro de nuestro país (Belmonte, 2017) señalan que el cambio climático trajo como consecuencia una tendencia creciente en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos en los últimos cincuenta años, y se considera probable que las altas temperaturas, las olas de calor y las fuertes precipitaciones continuarán siendo más periódicas en el futuro.

Para tener una idea local sobre las consecuencias del cambio climático, veamos primero, en la Imagen N° 23, el valor climático de precipitaciones medias de Jujuy y Salta.

Imagen N° 23: Distribución espacial de la Precipitación Media Anual en las provincias de Jujuy y Salta (período 1970-2018)

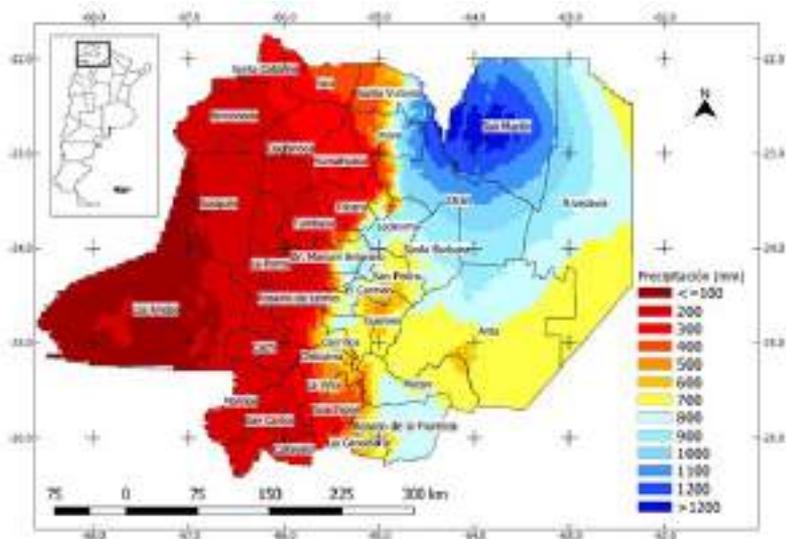


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Así, vemos que existe una distribución irregular de la precipitación anual, de oeste a este los valores de lluvia aumentan desde 30 a 1270 mm. La mayor cantidad de agua precipitada ocurre en el departamento San Martín (Salta) y las menores en las Punas jujeña y salteña.

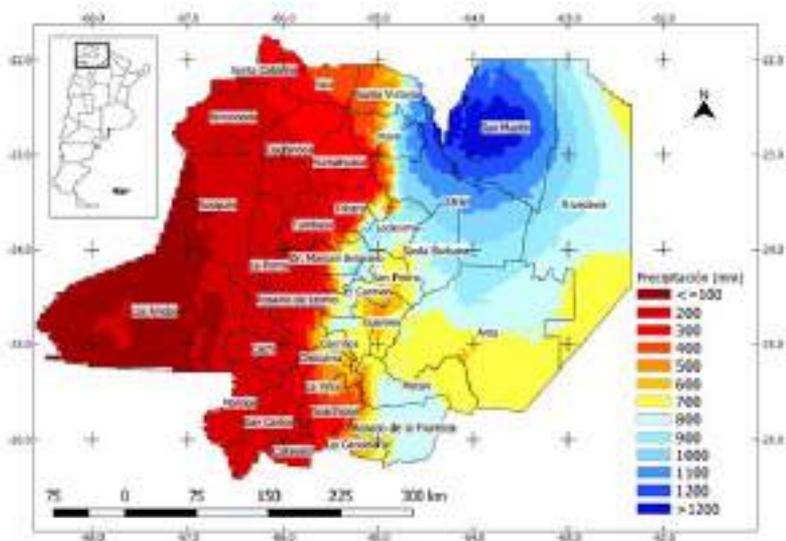
Ahora bien, si utilizamos estos datos para aplicarlos al modelo de cambio climático MIROC6 del CMIP6 (Turnock *et al.*, 2020), vemos en las Imágenes N° 24, 25 y 26 cómo podría modificarse la cantidad de precipitaciones en Jujuy y Salta en los próximos 60 años.

Imagen N° 24: Proyección de la Precipitación Media Anual en las provincias de Jujuy y Salta (período 2021-2040)



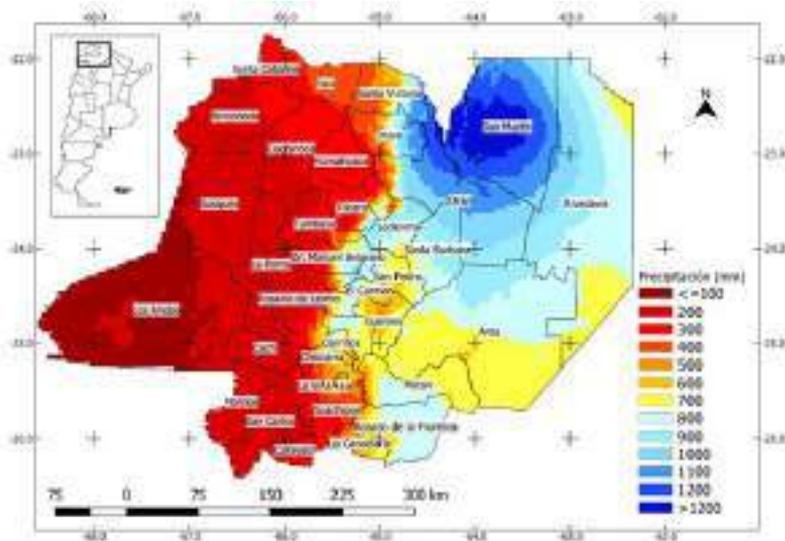
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Imagen N° 25: Proyección de la Precipitación Media Anual en las provincias de Jujuy y Salta (período 2041-2060)



Fuente: ibíd.

Imagen N° 26: Proyección de la Precipitación Media anual en las Provincias de Jujuy y Salta (período 2061-2080)



Fuente: ibíd.

Notemos que, según este modelo de proyecciones climáticas, *se evidencia un aumento marcado de las precipitaciones anuales de ambas provincias, siendo las zonas más afectadas el departamento de San Martín (Salta) y las áreas limítrofes entre el departamento Metán y Anta (Salta), rondando dichos aumentos en 100 mm.*

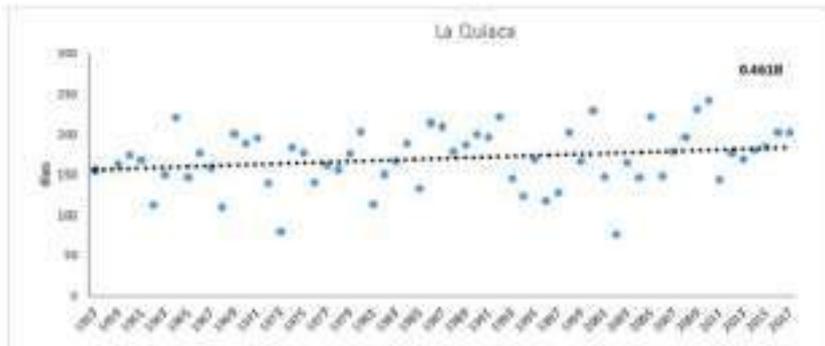
Esto podría ser algo muy positivo si lo vemos con ojos reduccionistas, *¿a qué productor no le gustaría más agua en su finca?* Pero lo importante de las precipitaciones no solo radica en su cantidad, sino también en su intensidad, ya que esta determina en gran medida la infiltración del agua en el suelo. En otras palabras, un mismo suelo (sin tener en cuenta sus características fisicoquímicas) absorberá más agua de una lluvia de 100 mm que cae a lo largo de 1 semana (menor intensidad), que si cayera en una sola noche (mayor intensidad). Entonces, la pregunta que debemos contestar es: *¿la mayor cantidad de lluvias que se proyectan para Jujuy y Salta por causa del cambio climático precipitará de forma más intensa?*

Para responder a esto, con una serie de datos de 60 años de precipitaciones de Jujuy (La Quiaca Aero) y Salta (Orán Aero y Salta Aero),

utilizamos 2 de los 27 índices climáticos útiles para la detección y el monitoreo de cambios en los registros extremos del clima, diseñados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través de un equipo de expertos *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (Zhang y Feng, 2004); a fin de observar si su tendencia es hacia el alza o la baja:

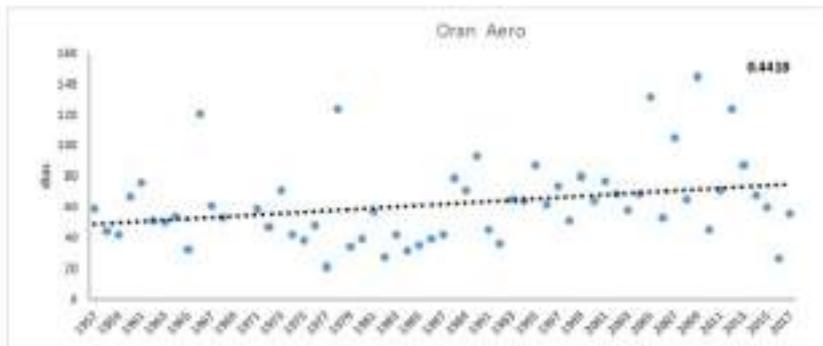
- Índice CDD: indica el número de días consecutivos en un año con lluvias menor o igual a 1 mm (ver Gráficos N° 19, 20 y 21).

Gráfico N° 19: Marcha Anual del Índice CDD en 60 años de estudios (La Quiaca Aero)



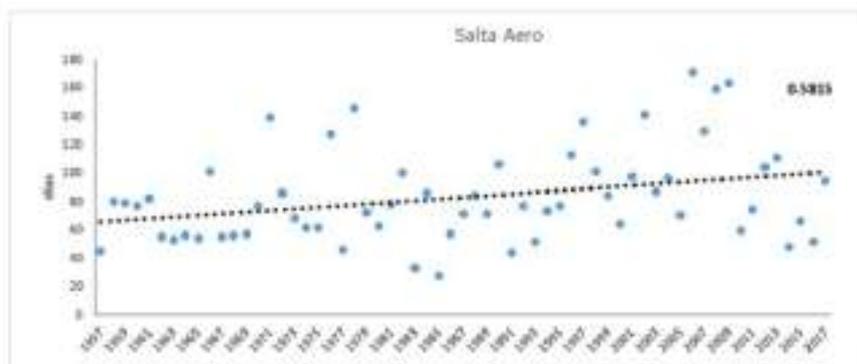
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Gráfico N° 20: Marcha Anual del Índice CDD en 60 años de estudios (Orán Aero)



Fuente: ibíd.

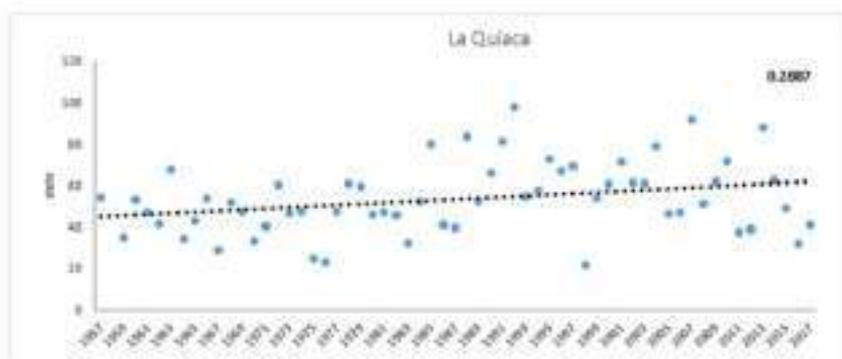
Gráfico N° 21: Marcha Anual del Índice CDD en 60 años de estudios (Salta Aero)



Fuente: ibíd.

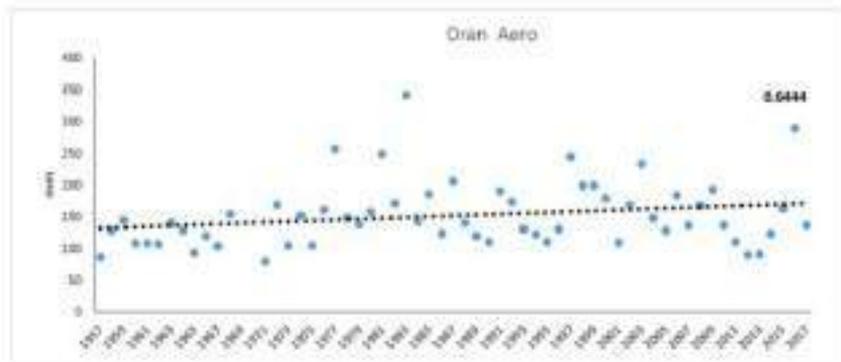
- Índice Rx5day: indica la cantidad máxima de lluvia que precipita en 5 días consecutivos en un año (ver Gráficos N° 22, 23 y 24).

Gráfico N° 22: Evolución Anual del Índice Rx5day (La Quiaca Aero)



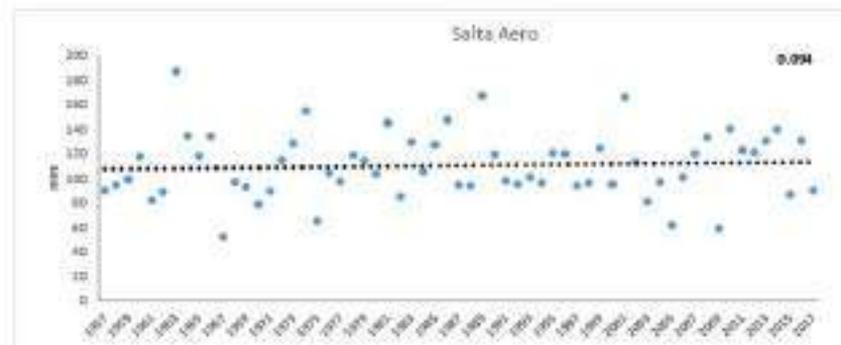
Fuente: ibíd.

Gráfico N° 23: Evolución Anual del Índice Rx5day (Oran Aero)



Fuente: ibíd.

Gráfico N° 24: Evolución Anual del Índice Rx5day (Salta Aero)



Fuente: ibíd.

Notemos que *ambos índices muestran tendencias positivas*, es decir, si el CDD tiene una tendencia en aumento significa que las mayores precipitaciones anuales proyectadas no se deben a que hay más días precipitados, sino a que la precipitación se concentra, ya que los días con lluvias menores o iguales a 1 mm (que es prácticamente días sin precipitación erosiva) aumentan. De la misma manera, un aumento del Índice Rx5day indica que las lluvias que caen en 5 días consecutivos aumentarán, reflejando también una concentración de las precipitaciones proyectadas para Jujuy y Salta. En pocas palabras, la tendencia positiva de estos dos índices refleja que las precipitaciones se intensificaron y lo seguirán haciendo en Jujuy y Salta.

Entendiendo que, si el mismo suelo recibe más agua en menos tiempo que antes y encima su capacidad de infiltración se redujo debido a los desmontes irracionales y a prácticas destructivas de manejo de suelo, se podrían explicar las inundaciones catastróficas que sufrimos en Jujuy y Salta, y que vamos a seguir sufriendo si no cambiamos la forma de manejar el monte nativo y los suelos agrícolas.

Un caso de inundación que merece una aclaración fue el ocurrido en el año 2017 en el norte del país. Sobre este suceso, el diario *La Gaceta* de Salta publicó una entrevista realizada al presidente de *Prograno*, Ezequiel Vedoya, quien atribuyó las destrucciones sufridas por la inundación a una precipitación intensa no vista antes, mencionando que en Las Lajitas (Salta) llovieron 400 mm en un solo día, lo que significa la mitad de toda la lluvia que cae en un año. En la entrevista, el presidente de *Prograno* dijo: “Las Lajitas se inundó porque llovió mucho, no tienen nada que ver los desmontes, ni tienen que ver los lotes de soja; cayó mucha agua y entró mucha agua de las serranías aledañas al pueblo”<sup>75</sup>. Esto refleja una clara visión reduccionista sobre el problema, ya que la mayor intensidad de precipitación tiene un origen: el cambio climático, el que también se origina, entre otras razones, al mal uso del suelo por los desmontes irracionales y las prácticas destructivas del suelo que se practican masivamente en el Norte argentino (barbechos limpios, monocultivos, aplicación de sales fertilizantes, suelos desnudos, pastoreo extensivo). Recordemos también que, en enero del mismo año, localidades de la Quebrada jujeña, Volcán, Tumbaya y Bárcena se vieron afectados por un alud causado por *lluvias intensas* que llevaron a la evacuación de todas sus poblaciones (Alabar *et al.*, 2020); y que en una zona desértica como la Quebrada y Puna jujeña, donde las pendientes son muy pronunciadas, la cobertura de suelo y su contenido de MO son muy reducidos, aumente la cantidad e intensidad de las lluvias, significa un aumento de aludes a futuro que debería alarmar a nuestras autoridades. Y también, a modo de advertencia, la mayor cantidad e intensidad de lluvias proyectadas en el departamento San Martín (Salta) debería llamar la atención de las autoridades salteñas, ya que el bosque nativo de esa zona está siendo arrasado por la extracción de madera (recordemos que la

---

75- Consultado (en línea) el 08/02/2021, en <https://news.agrofy.com.ar/noticia/164802/inundaciones-salta-se-perdieron-lotes-cultivos-aun-incalculables>

velocidad de infiltración de agua debajo de la canopia de un árbol puede ser mínimamente 40% superior que en un suelo desnudo).

### **En resumen**

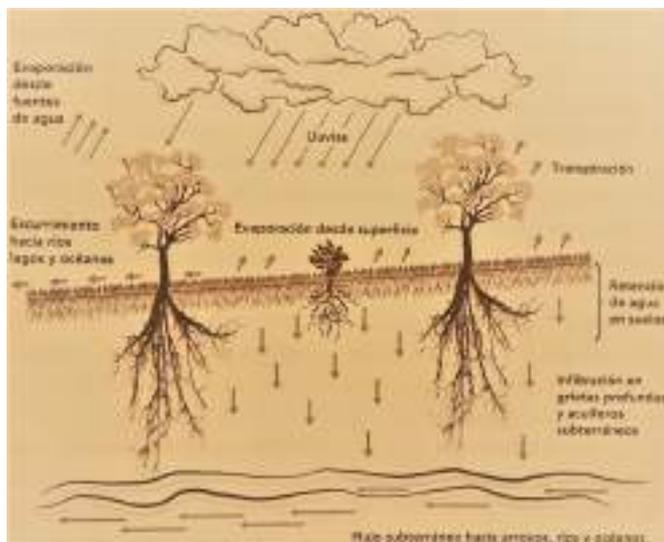
Desestructurar el suelo lleva a la erosión, esta lleva a la pérdida de fertilidad natural y consecuentemente a la utilización creciente de sales fertilizantes, las que aumentan la necesidad de riego (ley de ósmosis) y desequilibra la nutrición de las plantas (pérdida de oligoelementos), por lo tanto, aparecen más y nuevas plagas, las que obligan al productor a utilizar más y nuevos pesticidas, lo que contamina aún más el agua, aire y la vida del suelo. Desestructurar el suelo acelera el calentamiento global, lo que intensifica y aumenta las lluvias, potenciando la erosión. Este círculo vicioso que destruye el capital del productor y los pueblos rurales contamina los recursos hídricos (al igual que el suelo y el aire) y, por lo tanto, degrada la salud mundial; podría revertirse si todos prestáramos cuidado al ciclo del agua en el suelo de nuestra finca o sistema productivo a cargo.

### **Solución**

Mientras esperamos que las autoridades interfieran, cada productor o técnico a cargo de una finca puede empezar la aplicación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo, para lograr recuperar la estructura, el contenido de MOS, la profundidad y cobertura que necesitan todos los suelos para evitar la pérdida masiva de fertilidad a causa de la erosión.

El Esquema N° 11 resume el ciclo del agua a un nivel micro, por ejemplo, el ciclo del agua en una finca.

Esquema N° 11: Ciclo del Agua en una Finca



Fuente: Savory y Butterfield, 2019.

Si miramos con atención este esquema se podría resumir, en forma teórica, lo que debe ocurrir para detener todas las catástrofes mencionadas, de la siguiente manera: la escorrentía y evaporación deben ser reemplazados por infiltración y transpiración, maximizando la retención. Esto, llevado a la práctica, sería: *cuidar la superficie del suelo* (ibíd.).

Las prácticas agroecológicas para este cuidado pueden resumirse en:

- *Cobertura del suelo*: la cobertura viva del suelo es mucho más eficiente en cuanto a infiltración y la consecuente disminución de escorrentía, comparada con la cobertura muerta y mucho más que el suelo descubierto (ver Imagen N° 27).

Imagen N° 27: Simulador de Lluvia



Nota: Agua *infiltrada* (frascos traseros) y agua de *escorrentía* (frascos delanteros) en tres tipos de cobertura de suelo: Cobertura Viva (izquierda), Cobertura Muerta (centro) y Suelo Descubierta (derecha). Se observa que, mientras que toda el agua de lluvia se *infiltra* en un suelo cubierto con plantas vivas, casi toda se *escurre* en un suelo descubierto<sup>76</sup>.

Fuente: Elaboración propia, con base en el video “Ground Cover and Water Infiltration”. Consultado (en línea) el 25/02/21, en [https://www.youtube.com/results?search\\_query=Ground+Cover+and+Water+Infiltration](https://www.youtube.com/results?search_query=Ground+Cover+and+Water+Infiltration)

- *Siembra y plantío directo*: la no roturación del suelo protege la estructura que, como ya vimos, resulta de vital importancia para la infiltración del agua (además de la fertilidad natural del suelo). Por ejemplo, en la Tabla N° 25 se puede observar la diferencia en la densidad aparente de dos suelos vecinos con 25 años de cultivo bajo perturbaciones diferentes: Labranza (L) vs. Plantío Directo (PD). El suelo labrado recibió 2 a 3 rastras anuales durante los 25 años, lo que resulta poco si se lo compara con las cantidades

---

76- Destacamos que, entendiendo la inmensa diferencia de infiltración de agua que ocurren con distintos tipos de cobertura, es necesario investigar modelos de balances hidrológicos de suelo que contemplen mínimamente esta variable.

de pasadas de implementos agrícolas que se utilizan al año en un sistema convencional de tabaco y hortalizas.

Tabla N° 25: Densidad aparente del suelo en respuesta a Labranza vs. Plantío Directo

<b>Densidad aparente (Mg.m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Labranza</b>	<b>Plantío Directo</b>
0 a 1	1,38	0,7
1 a 3	1,57	1,2
3 a 6	1,6	1,5
6 a 12	1,7	1,6

Fuente: Franzluebbbers, 2002.

Como puede observarse, el suelo bajo PD obtuvo los mayores valores de estabilidad de agregado y contenido de COS en todas las profundidades estudiadas (ibíd.). Esta relación es lógica una vez comprendido el gran contenido de C que posee la Glomalina y la MO del suelo, los cuales estructuran y estabilizan los agregados. En la Tabla N° 26 podemos apreciar que, como consecuencias de la mejor estructuración y estabilidad del suelo, la infiltración del agua fue casi 4 veces superior con PD que bajo L.

Tabla N° 26: Tasa de infiltración de agua en respuesta a 25 años de Labranza vs. Plantío Directo

<b>Infiltración (cm/hr)</b>		
<b>Semana</b>	<b>Labranza</b>	<b>Plantío Directo</b>
0	67	239
1	36	78
2	4	37
3	6	27
4	22	44
5	21	31
6	20	33
7	17	67
8	19	110
9	15	90

10	10	76
11	11	74
Media	20,67	75,5

Nota: Infiltración (cm.h<sup>-1</sup>)=QA×T donde *Q* es la cantidad de agua (500 cm<sup>3</sup>), *A* el área (176.7 cm<sup>2</sup>) y *T* el tiempo (h). Es decir, tiempo requerido para que toda el agua ingrese a la superficie del suelo.

Fuente: ibíd.

En la Tabla N° 27 podemos observar que la mayor lixiviación de agua que se aplicó en los suelos bajo estudio ocurrió en el sistema de Labranza.

Tabla N° 27: Porción de Agua Lixiviada de los suelos bajo L y PD

Porción de agua lixiviada (ml/ml)		
Semana	Labranza	Plantío Directo
0	0,36	0,18
1	0,34	0,17
2	0,65	0,54
3	0,66	0,6
4	0,47	0,37
5	0,5	0,46
6	0,46	0,4
7	0,34	0,29
8	0,31	0,24
9	0,29	0,22
10	0,35	0,27
11	0,34	0,26
Media	0,41	0,33

Fuente: ibíd.

Esto se debió principalmente al menor contenido de MO humificada (COS) que presentaba el suelo bajo Labranza. No olvidemos que la MO tiene la capacidad de retener 10 veces su peso en agua, dejándola disponible para las plantas.

Este estudio es solo un ejemplo de los muchos beneficios que vimos que trae la protección del suelo y la consecuente mantención y/o aumento de la MO del suelo.

- *Diversidad Biológica*: No olvidemos que el monocultivo puede desertificar el suelo, aun si se lo practica con siembra directa. La rotación de cultivos para la exploración diferencial del suelo es de vital importancia.

Analizados los dos primeros puntos (cobertura del suelo y plantío o siembra directa), la labranza no solo elimina los beneficios de la cobertura del suelo, sino que además rompe su estructura, daña su vida y reduce la MO humificada (emisión de C a la atmósfera). Contrariamente, si el suelo permanece cubierto con plantas fotosintéticamente activas, mejoramos la captación de energía para el sistema, nutrimos la vida del suelo, reemplazamos la escorrentía por infiltración y retención (almacenamiento) de agua, es decir, la evaporación directa desde la superficie desnuda del suelo es reemplazada por transpiración vegetal, lo cual se traduce en mayor producción. Así, la fertilidad natural del suelo permite cosechas equilibradas, por lo tanto, el sistema tiene consumos reducidos y hasta nulos de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas), disminuyendo los costos de producción, la contaminación ambiental y la necesidad de riego. En otras palabras, con la misma cantidad de agua podemos obtener contrastes productivos como el de las Imágenes N° 21<sup>77</sup> y 28.

---

77- Vista en el capítulo 11.

Imagen N° 28: Contraste productivo entre un Sistema Ganadero Convencional (atrás del alambre) y uno Agroecológico (delante del alambre)



Fuente: Foto del autor, tomada en el proyecto “El Verdadero Paraíso”, Santa Fe, Argentina, 2018.

En ambos lados del alambre precipitan las mismas cantidades de agua (promedio de 1100 mm/año). Mientras que al productor de atrás del alambre le resulta escasa el agua que las lluvias le aportan, el productor del lado verde mantiene una carga 3,15 UGM/ha sin la necesidad de comprar o producir rollos (u otro sistema de reserva forrajera). Esto significa 6 veces la carga media de la provincia de Santa Fe (Santagelo y Gil, 2016). Además, el sistema racional le permite a este productor obtener terneros a contra estación para venderlos cuando el precio es mayor. Al mismo tiempo se asegura sustentabilidad al trabajar bajo la “Ley de Fertilidad Creciente” y se asegura, también, resiliencia ante las consecuencias del cambio climático, ya que el manejo agroecológico de pasturas maximiza el ciclo del agua en el suelo, contribuyendo al cuidado de los recursos naturales. Contrariamente, el lado pajizo tiene en promedio 12 cm menos de suelo, es decir, perdió (erosión) aproximadamente 1.680 toneladas de suelo (fertilidad) por hectárea. Entonces, *¿cuántas toneladas perderá a futuro a causa del cambio climático?*

## **Conclusiones**

- La protección del suelo permite generar agroecosistemas secuestradores de C (regenerar) y eficientes en el uso del agua, esto último se debe a que el agua cumple su ciclo natural en el suelo, disminuyendo la escorrentía (erosión) y evaporación.
- La protección del suelo permite reducir y hasta anular el uso de agroquímicos, lo que se traduce en una menor contaminación del agua, suelo y aire.
- Las prácticas de producción de alimento deben buscar el menor impacto sobre el suelo.
- Los Ingenieros Agrónomos necesitamos una fuerte formación en prácticas de manejo conservacionista de suelo, ya que, frente al aumento en la cantidad e intensidad de las precipitaciones ocasionadas por el cambio climático, las prácticas que apunten a conservar y aumentar la MOS generarán sistemas productivos más resilientes.
- Las políticas agropecuarias, en honor al artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina, deben apuntar a la protección del suelo por razones del bienestar poblacional presente y futuro, siendo necesaria su acción, ahora más que nunca, debido a la mayor cantidad e intensidad de precipitaciones proyectadas.
- La producción convencional o industrial de alimentos, promovida por la Revolución verde, es la responsable de la mayor contaminación y dilapidación ambiental que asegura la FAO. Todo lo contrario ocurre con las prácticas regenerativas de la Agroecología; detalles no mencionados en los informes FAO (ni en medios masivos de comunicación) sobre contaminación de agua y calentamiento global.
- Los balances hidrológicos del suelo deberían tener en consideración variables como estructura, cobertura y contenido de MO del suelo.

Para finalizar quisiera hacerme eco de las palabras de Primavesi (2009):

En la naturaleza no existen factores aislados, aun cuando nuestra ciencia trabaje con ella, todo funciona en ciclos. El ciclo del agua es estudiado en las universidades dividiéndolo en las siguientes materias: oceanografía, meteorología, edafología e hidrología. Y pocos dicen que estas cuatro materias son un ciclo. Se estudian los océanos, sus niveles, sus aguas y su salinidad, su temperatura, su vida pero es poco interesante decir que el agua también se evapora. En meteorología estudian las lluvias, sus excesos y épocas de escasez, prevén el tiempo pero no dicen que la lluvia de nada sirve si no penetra el suelo. En la edafología se estudian los suelos, se les clasifica y describe su formación y sus horizontes. Se determina la densidad real, se hacen los análisis químicos y físicos de los suelos, hasta se determina la capacidad de campo, cuanto de agua el suelo puede almacenar en sus poros y el movimiento horizontal de ésta en el suelo, la ascensión del nivel freático a la superficie pudiendo salinizarla, pero raramente se dice que el agua de lluvia tiene que entrar por los poros y pasar por el suelo para llegar al nivel freático y que cuanto más lluvia golpea la superficie de un suelo desprotegido, más se le destruyen los agregados y los poros que estos forman, por lo tanto, es menor la posibilidad de penetrar en el mismo. La naturaleza colocó la hierba como protección del suelo. Esta tenía que dar lugar a la agricultura. El suelo se compactó y perdió su porosidad superficial. Se rompió el ciclo del agua. En la hidrología se habla de los pozos, de los ríos, de los acuíferos debajo de la tierra y cómo utilizar el agua de las fuentes que aquí nacen. Éstos simplemente están aquí. Cómo el agua llegó allá poco interesa.

## CAPÍTULO 13

# **APLICACIÓN DE LOS PILARES: TÉCNICAS LIMPIAS DE CULTIVO**

En el capítulo 10, “Estímulo a la biodiversidad”, vimos que para lograr la aplicación de este pilar era necesario planificar, diseñar y, por lo tanto, pensar más. La intención del presente capítulo es la de mostrar al lector algunas técnicas que pueden ayudar a poner en práctica el estímulo a la biodiversidad, así como también los restantes pilares de la agroecología, como los que se mencionan a continuación:

1. Asociación de Cultivos (AS), también llamada Policultivos.
2. Cultivos de Cobertura (CC) y Abonos Verdes (AV).
3. Rotación de Cultivos (RC).
4. Rotación Cultivo-Animal (RCA).
5. Corredores Biológicos (CB).

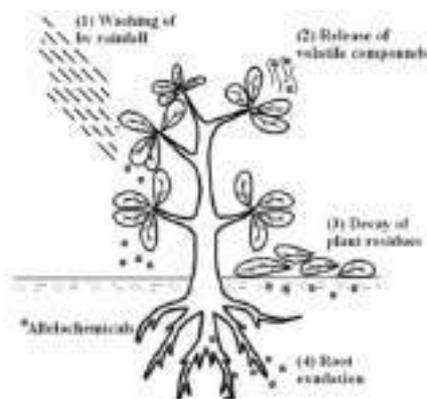
Al final entenderemos que estimular la “biodiversidad” es estimular la fertilidad natural del suelo y, en consecuencia, es estimular la vida misma. Además, comprenderemos que la planificación, el diseño y la administración de la finca son de suma importancia para dar inicio y mantención a un sistema de producción agroecológica a cualquier escala.

Antes de introducirnos en las técnicas mencionadas, es necesario explicar un fenómeno en común en todas ellas: la *alelopatía*.

En el año 300 d. C., Theophrastus mencionó, por primera vez, la capacidad que tienen algunas plantas para afectar el crecimiento de otras que la rodean (Albuquerque *et al.*, 2011). Luego, el primero en ponerle un nombre a este fenómeno fue el científico alemán Hans Molisch (1937), quien definió la “alelopatía” como el efecto nocivo de una planta sobre otra,

como el resultado del exudado de fitotoxinas (ibíd.; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016). Actualmente, una definición más completa incluye los efectos positivos y los negativos de compuestos químicos producidos principalmente a partir del metabolismo secundario de plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el crecimiento y desarrollo de ecosistemas agrícolas y biológicos (Albuquerque *et al.*, op. cit.; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Sbaia *et al.*, 2016; Rêgo *et al.*, 2018.) Este efecto alelopático no solo ocurre por sustancias emitidas por las plantas vivas, sino también por las liberadas durante el proceso de su descomposición (ver Esquema N° 12) (Albuquerque *et al.*, op. cit.; El-Rokiek *et al.*, 2018).

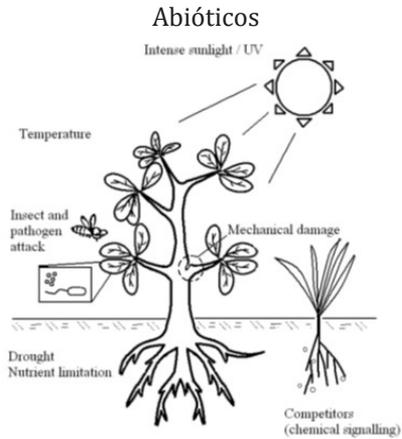
Esquema N° 12: Posibles formas de liberación de Aleloquímicos de la planta al ambiente



Fuente: Albuquerque *et al.*, op. cit.

Estas sustancias se llaman “aleloquímicos”, entre las que podemos encontrar fenoles, derivados del ácido benzoico y cinámico, flavonoides, taninos, terpenoides, alcaloides, poliacetilenos y cumarinas. Muchas veces, depende de su concentración para comportarse como inhibidoras (alelopatía negativa) o promotoras (alelopatía positiva) del crecimiento, concentración que a su vez depende no solo de la especie vegetal, sino también de las condiciones ambientales que afecten la actividad bioquímica del suelo y de la planta (ver Esquema N° 13) (Rice, 1984; Sbaia *et al.*, op. cit.; Albuquerque *et al.*, op. cit.; Putman, 2017; El-Rokiek *et al.*, op. cit.).

Esquema N° 13: Producción de Aleloquímicos inducidos por Factores Bióticos y



Fuente: Albuquerque *et al.*, op. cit.

Así, habiendo repasado el concepto de “alelopatía”, podemos iniciar con la descripción de las técnicas de la Agroecología, mencionadas arriba.

### 1. Asociación de Cultivos (AC) o Policultivos:

Las asociaciones de cultivos son sistemas en los que dos o más especies se plantan en simultáneo y suficientemente próximas para que se complementen entre ellas (Ibircu y Aróstegui, 2005), entendiendo por “complementación” los siguientes aspectos:

- Especies distintas que tengan entre sí un efecto alelopático positivo, llamándose, en consecuencia, “Plantas Compañeras” (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.).
- Especies distintas que tengan un crecimiento radicular diferente (tanto en profundidad como en arquitectura) (Escrivá, 2015; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Lattuca *et al.*, 2019): Esto permite una exploración diferencial del suelo, nutriéndoselo en distintas profundidades con energía orgánica proveniente de exudados radiculares diversos, lo que mejora a su vez la activación biológica del suelo. Además, esta exploración

diferencial puede favorecer la bioirrigación, es decir, el proceso mediante el cual una especie vegetal de raíces profundas bombea agua hacia la superficie donde la especies con raíces superficiales no la puede alcanzar, proceso que se ve favorecido cuando las plantas asociadas están conectadas por una red hifal de micorrizas (Singh *et al.*, 2019).

- Requerimientos nutricionales diferentes (Ibiricu y Aróstegui, op. cit.; Escrivá, op. cit.; Lattuca *et al.*, op. cit.): Por ejemplo, plantas fijadoras de nitrógeno, que por ser menos exigentes de este mineral, pueden crecer con plantas consumidoras de nitrógenos como, por ejemplo, la asociación gramínea-leguminosa.
- Especies con hábito de crecimiento vertical junto con las de crecimiento horizontal (Ibiricu y Aróstegui, op. cit.; Escrivá, op. cit.; Lattuca, op. cit.): Mejora la cobertura del suelo y, en consecuencia, la captación de energía solar, aumentando el ingreso energético al sistema. Además, y lógicamente, mejora la protección del suelo contra los agentes erosivos. En algunos casos, las plantas de crecimiento vertical pueden dar sostén a las plantas trepadoras<sup>78</sup>. La agricultura sintrópica ejemplifica a la perfección todas estas cuestiones.
- Especies con períodos de floración distintos, que al finalizar el de uno inicia el del otro (Escrivá, op. cit.; Lattuca, op. cit.): Esto aumenta la disponibilidad de alimentos para muchos enemigos naturales (EN), mejorando el control biológico de conservación (CBC).
- Especies repelentes (Ibiricu y Aróstegui, op. cit.; Escrivá, op. cit.): Cuando una de las plantas asociada tiene la capacidad de repeler fitófagos que afectan a su compañera.

Como puede suponerse, esta complementariedad de las “Plantas Compañeras” permite que el uso de los recursos disponibles sea más eficiente; considerando, por supuesto, a los EN como recursos gratuitos de control de plagas. Esto puede generar un aumento de la producción (Picasso

---

78- Ver asociación Milpa en <https://inta.gob.ar/noticias/policultivos-milpa>, consultado (en línea) el 5/6/2021.

et al., 2011; Reynafarje et al., 2016; Ampt et al., 2019; van Ruijven et al., 2020).

A pesar de los beneficios mencionados, la asociación de cultivos a gran escala puede complicar prácticas de manejo, como, por ejemplo, la cosecha mecanizada de granos. Quizás por este motivo, esta técnica sea más usada en cultivos intensivos, cultivos de cobertura y abonos verdes.

A continuación, se les extiende a las/los lectoras/es una tabla con algunos cultivos que pueden asociarse (ver Tabla N° 28), teniéndose en cuenta únicamente el estrato herbáceo.

Tabla N° 28: Asociaciones Positivas y Negativas de distintos cultivos

Cultivos		Asociación	
Nombre Común	Nombre Científico	Positivas	Negativas
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	Apio, Lechuga, Cebolla.	Puerro, Tomate.
Achicoria	<i>Cichorium intybus</i>	Apio, Lechuga, Cebolla.	Repollo.
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Frutales, Papa, Zanahorias, Pepino, Frutilla, Cebolla, Puerro, Tomate, Lechuga.	Chaucha, Repollo, Arveja.
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Repollo, Espinaca, Chaucha, Puerro, Tomate, Remolacha, Cucurbitáceas, Acelga, Arveja.	Lechuga, Maíz, Perejil.
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	Zanahoria, Apio, Repollo, Pepino, Lechuga, Maíz, Papa, Rabanito.	Ajo, Cebolla, Puerro, Perejil.
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	Chaucha, Pimiento.	Papa.
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Ajo, Zanahoria, Pepino, Lechuga, Tomate, Remolacha, Frutilla, Perejil, Puerro.	Repollo, Chaucha, Arveja, Papa.
Chaucha	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Remolacha, Apio, Pepino, Frutilla, Papa, Rábano, Tomate, Berenjena, Zanahoria, Espinaca, Lechuga, Maíz, Caléndula*.	Cebolla, Puerro, Ajo, Remolacha, Acelga.

Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>	Apio, Repollo, Frutilla, Chaucha, Rábano, Lechuga.	Remolacha, Acelga.
Frutilla	<i>Fragaria spp</i>	Ajo, Espinaca, Chaucha, Lechuga, Cebolla, Puerro, Caléndula.	Repollo.
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	Remolacha, Pepino, Espinaca, Chaucha, Rábano, Tomate, Zanahoria, Frutilla, Cebolla, Arveja.	Perejil, Apio, Repollo.
Maíz	<i>Zea mays</i>	Zapallo, Zapallito, Pepino, Chaucha, Arveja, Tomate.	Remolacha, Apio, Papa.
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Ajo, Taco de reina <sup>2</sup> , Apio, Repollo, Chaucha, Haba, Arveja, Tomate, Caléndula.	Maíz, Berenjena, Cebolla, Pepino.
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	Albahaca, Apio, Repollo, Espinaca, Lechuga, Cebolla, Chaucha, Arveja, Maíz.	Rábano, Cucurbitáceas, Tomate.
Pimiento	<i>Capsicum annum</i>	Berenjena, Zanahoria, Tomate, Albahaca, Caléndula.	Remolacha, Chaucha.
Puerro	<i>Allium porrum</i>	Ajo, Zanahoria, Apio, Espinaca, Frutilla, Tomate, Lechuga, Cebolla.	Chaucha, Remolacha, Perejil, Acelga, Arveja.
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	Zanahoria, Chaucha, Lechuga, Tomate, Espinaca, Ajo, Arveja.	Pepino, Repollo, Zapallo.
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	Chaucha, Cebolla, Apio, Lechuga.	Tomate, Pimiento, Espinaca, Zanahoria, Chaucha, Puerro.
Repollo	<i>Brassica oleracea</i>	Espinaca, Remolacha, Zanahoria, Apio, Pepino, Chaucha, Lechuga, Tomate.	Ajo, Cebolla.
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Zanahoria, Apio, Repollo, Espinaca, Albahaca, Cebolla, Puerro, Perejil, Lechuga, Ajo, Taco de reina, Maíz, Escoba dura <sup>3</sup> .	Remolacha, Chaucha, Acelga, Arveja.

Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Ajo, Cebolla, Repollo, Puerro, Chaucha, Rábano, Lechuga, Tomate, Arveja, Perejil.	Menta, Remolacha, Acelga.
Zapallo, Zapallito	<i>Cucurbita spp</i>	Albahaca, Chaucha, Cebolla, Maíz, Papa, Taco de reina.	Pepino, Rábano.

Nota: \*Caléndula = *Calendula officinalis*: al igual que *Solanum khasianum* (pocoque o tomatillo) y *Tagete spp.*, presenta propiedades nematocidas (Goswami y Vijayalakshmi, 1986; Sartaj *et al.*, 2009). \*\*Taco de reina = *Tropaeolum majus*. \*\*\*Escoba dura = *Sida rhombifolia*: es indicadora de suelos compactados. Es compañera del tomate e inhibe el crecimiento del nabo (*Brassuca napus* L) (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.).

Fuente: Elaboración propia, con base en Ibiricu y Aróstegui (op. cit.), Escrivá (op. cit.) y Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Fiho (op. cit.).

## 2. Cultivos de Cobertura (CC) y Abonos Verdes (AV):

Según Lattuca *et al.* (op. cit.), los cultivos de cobertura (CC) y abonos verdes (AV) son cultivos que se realizan durante el tiempo en que el suelo queda descubierto, es decir, en el período comprendido entre dos cultivos comerciales (barbecho). La diferencia está en que los CC no se incorporan al suelo ni se pastorean, mientras que sí se hace esto con los AV. Pero, repasando la no justificación del uso del arado, la incorporación que se practica con los AV es incompatible con la vida, dejando como única alternativa su volteo (al igual que los CC) o su pastoreo. Cualquiera sea el caso, como se desarrolló a lo largo del libro, cubrir una superficie de suelo con plantas fotosintéticamente activas el mayor período de tiempo durante un mismo año significa aumentar el ingreso energético al sistema, nutrir la biocenosis, evitar la erosión, favorecer la infiltración, cuidar la estructura (siempre y cuando la cobertura se siembre sin agredir el suelo) y aumentar el contenido de carbono orgánico (MO humificada) y, por lo tanto, la disponibilidad de nutrientes. Por estos motivos, los CC y AV (no incorporados) tienen la capacidad de reducir la emisión de CO<sub>2</sub> y aumentar su secuestro, favorecer el ciclo del agua en el suelo y reducir la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos (Kumar *et al.*, 2018).

Además, muchas de las especies utilizadas como CC y AV tienen propiedades alelopáticas negativas sobre las plantas espontáneas (“malezas”), que, junto con la densa cobertura y la no remoción de suelo (siembra o plantío directo), dejan un período de tiempo considerable para que el cultivo comercial crezca libremente y a sus anchas. Esto reduce de forma sustancial el uso de herbicidas. Por ejemplo, la avena negra (*Avena strigosa*), blanca (*Avena sativa*), trigo (*Triticum aestivum*) y centeno (*Secale cereale*) pueden reducir la incidencia de plantas espontáneas hasta 56 días luego de su retirada (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). La avena negra, además, tolera mejor la sequía y tiene un ciclo más corto comparada con la avena común o blanca (Lattuca *et al.*, op. cit.). De la misma forma, el maíz y el sorgo (cobertura de verano) pueden ejercer alelopatía durante 154 a 196 días (Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). Por estos motivos, se considera que la sinergia sobre el control de plantas espontáneas que ofrecen los CC mediante su efecto alelopático, cobertura y no remoción de suelo es uno de los caminos más prometedores para reducir el uso de herbicidas (Fukuoka, 1988; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Lattuca *et al.*, op. cit.).

La disminución del uso de fertilizantes químicos y herbicidas, gracias a estas prácticas limpias, trae como consecuencia trofobiótica, la menor incidencia de plagas, por lo tanto, el menor uso de insecticidas y fungicidas. Por estos motivos, la producción agroecológica tiene aparejada una reducción sustancial en el uso de insumos industriales<sup>79</sup>. A su vez, la mayor captación de energía solar (infinita, gratuita y no contaminante) permite la reducción del uso de energía fósil (finita, costosa y contaminante), no solo por la menor aplicación de insumos industriales (sinónimo de energía fósil), sino también por la menor necesidad de laboreo. Por ejemplo, en Los Alisos (Jujuy, Argentina) un productor tabacalero decidió sembrar maíz como abono verde luego de la cosecha de tabaco (campana 2019/20). Al iniciar la preparación del suelo para la campana siguiente (2020/21), y comparada con las campanas anteriores, tuvo un ahorro considerable de combustible, reflejado en una pasada menos de rastra y en el uso de una marcha más económica para subsolar; además, el productor notó el suelo suelto a una

---

79- Ver capítulo 15.

mayor profundidad. ¡Todo esto fue en tan solo 3 meses extra de fotosíntesis!

Para cubrir un suelo siempre es recomendada la combinación de dos o más especies compañeras (socias). En Estados Unidos, Picasso *et al.* (op. cit.) evaluaron la productividad (biomasa) de cultivos de cobertura mixtos (de 2 a 6 especies) comparados con el monocultivo. Durante 3 años de estudio encontraron que la productividad aumentó con la riqueza de especies sembradas en todos los ambientes, y la relación positiva no cambió con el tiempo. Por el contrario, las especies que produjeron la mayor biomasa en monocultivo cambiaron con los años en la mayoría de los ambientes. Estos autores concluyeron que elegir una sola especie bien adaptada para maximizar la productividad no es la mejor alternativa a largo plazo y que se deben incluir altos niveles de diversidad de especies en el diseño de sistemas agrícolas productivos y ecológicamente racionales.

Una de las combinaciones más utilizadas para los CC y AV es la asociación “leguminosa y gramínea”. La sinergia que ofrece esta asociación se refleja en que la biomasa aérea y radicular que se obtiene, al sembrarlas juntas, es superior a la que se obtendría al sembrarlas por separado (Frankow-Lindberg *et al.*, 2013). Este efecto sinérgico no solo se explica por el aporte de nitrógeno que realiza la leguminosa a la gramínea, sino también por todos los beneficios ya descritos que trae una asociación<sup>80</sup>.

### **3. Rotación de Cultivos (RC):**

Esta técnica se refiere a la sucesión en el tiempo de diferentes cultivos (distintas familias botánicas) sobre una misma superficie de suelo, de forma que un determinado cultivo no vuelva a la misma parcela hasta pasado un tiempo mínimo de dos años (Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria - CIATA, 1998).

Esta práctica, tanto para cultivos intensivos como extensivos, rompe el ciclo biológico de las plagas y, al mismo tiempo, evita el agotamiento del suelo (Ibiricu y Aróstegui, op. cit.; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Escrivá, op. cit.; Lacutta *et al.*, op. cit.). En consecuencia, el productor utiliza menos energía contaminante para el control de plagas y

---

80- Para mayor información práctica sobre este tema se recomienda la lectura de Lattuca *et al.* (op. cit.).

mantención de la fertilidad de su suelo, lo que se traduce a menores costos de producción, menor contaminación y mayor sustentabilidad.

Al igual que en AC y CC, para planificar una RC es necesario tener en cuenta, mínimamente, las siguientes cuestiones:

- Los cultivos a elegir deben tener sistemas radiculares diferentes, no solo en profundidad sino también en arquitectura (raíces pivotantes y en cabellera). Esto trae un efecto positivo en la estructura del suelo (CIATA, op. cit.; Ibiricu y Aróstegui, op. cit.; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.).
- El efecto alelopático debe ser tenido en cuenta, sobre todo, en los sistemas de producción intensiva donde un cultivo puede seguir a otro en un lapso de tiempo muy cercano; en consecuencia, los aleloquímicos pueden no haber desaparecido o reducido su concentración en el suelo. Por ejemplo, no es conveniente plantar tomate donde se cosechó remolacha<sup>81</sup>.
- Las plantas que dejan poco rastrojo y/o un rastrojo de rápida descomposición (soja, girasol, garbanzo), es decir, con una relación C/N baja, deben ser seguidas por plantas que dejen buena cantidad de cobertura con una tasa de descomposición más lenta (maíz, sorgo, trigo) (ver Tabla N° 29; Manso y Forján, 2016). Esto es necesario para evitar que el sistema no consuma la MO humificada del suelo, que, como vimos, es el puntapié inicial hacia la dependencia de insumos industriales.

---

81- Repasar Tabla N° 28.

Tabla N° 29: Materia seca (MS) de residuos de distintos cultivos y su relación Carbono/Nitrógeno (C/N)<sup>82</sup>

Cultivo	MS de rastrojo (kg/ha)	Relación C/N	Concepto de C/N
Trigo	4620	102	ALTA
Cebada	4420	109	ALTA
Avena	5550	100	ALTA
Girasol	3740	71	INTERMEDIA
Maíz	9520	91	ALTA
Sorgo granífero	8540	88	ALTA
Soja	3300	45	BAJA

Nota: El Garbanzo, al ser una leguminosa, deja un residuo de BAJA relación C/N; además, la cantidad de rastrojo es inferior al de la soja.

Fuente: Manso y Forján, op. cit.

Para este último punto, el carbono orgánico del suelo (COS) resulta ser un indicador muy utilizado para monitorear el impacto de las rotaciones sobre la fertilidad del suelo. Ya que, si la demanda de carbono del suelo (cantidad de C que se pierde por mineralización de la MO en la zona) es superior a la oferta de carbono (cantidad de rastrojo que se humifica) que deja el rastrojo de los cultivos en una rotación, el nivel de COS irá disminuyendo año tras año.

Es posible, entonces, calcular la demanda de carbono y anticipar la oferta de cada cultivo para tener una idea aproximada de la rotación que deje un balance de carbono positivo. Para esto, es necesario contar con datos zonales como la tasa de mineralización de la MO, el coeficiente de humificación del rastrojo de los distintos cultivos y sus respectivos rendimientos. Sin embargo, este cálculo de oferta-demanda de carbono, donde la entrada de carbono considerada es únicamente el rastrojo y raíces muertas, conduce a un error de manejo que veremos más adelante.

82- Estos datos fueron tomados en la Pampa húmeda (Bs. As., Argentina), es decir, en un ambiente muy diferente al nuestro. Esto significa que las cantidades de rastrojo mostradas en la tabla pueden ser superiores a las que se obtendrían en el Noroeste argentino (NOA). Por el contrario, la relación C/N no varía de igual manera de un ambiente a otro, lo que permite utilizar los valores de esta tabla como una buena referencia.

#### 4. Rotación Cultivo-Animal (RCA):

Prácticamente no hay ecosistema en la naturaleza sin la presencia de componentes vegetales y animales, unos dependen de otros y su trabajo en conjunto trae beneficios sobre el suelo que los mantiene. Este beneficio puede verse reflejado hasta en una pequeña huerta, donde resulta difícil obtener cosechas voluminosas y sanas sin el uso de algún tipo de estiércol; incluso, el mismo proceso de compostaje es acelerado cuando se agrega estiércol a los restos vegetales. Mientras que, a gran escala, hemos visto que, cuando se manejan las pasturas y los animales de forma racional, el impacto positivo sobre la fertilidad del suelo es inalcanzable para cualquier tecnología de producción que utilice al suelo como su principal recurso<sup>83</sup>. Por este motivo, está ampliamente aceptado que la mejor rotación para mejorar la fertilidad del suelo es la sucesión animal-vegetal, siempre y cuando, los animales se alimenten de pasturas manejadas racionalmente (Tilman, 1998; Kittredge, 2015; Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.; Boincean y Dent, 2019). De hecho, el manejo racional de las pasturas y animales generan un balance de carbono positivo, esto significa *secuestro* de carbono atmosférico y su posterior almacenamiento en el suelo.

Evidentemente, y reiterando, cuando la FAO tilda a la ganadería como la principal responsable de las emisiones de carbono hacia la atmósfera no está diferenciando entre las distintas maneras de practicar ganadería. Sin duda alguna, el confinamiento animal (producción animal tipo industrial), donde el suelo sin vida solo actúa como sostén de los animales, responde por las emisiones que publica la FAO. Por el contrario, cuando la ganadería se practica bajo los patrones de producción de la naturaleza (según los pilares fundamentales de la Agroecología), la combinación pastura-animal se transforma en la principal herramienta para revertir el cambio climático (Jones, 2008; Kittredge, op. cit.; Pinheiro Machado, 2016; Savory y Butterfield, 2019). En otras palabras, hoy en día contamos con la tecnología y los conocimientos necesarios para poder producir carne, huevo, leche y vegetales en cantidad, calidad, y regenerar el ambiente al mismo tiempo.

Aquellos que siguen oponiéndose al ganado, que son muchos  
-incluidos científicos, grupos ambientalistas, vegetarianos, gobiernos

---

83- Ver capítulo 11.

y agencias internacionales de desarrollo- desconocen el hecho de que ningún tipo de tecnología, ni de quema, ni de descanso de la tierra, puede abordar eficazmente la desertificación que está ocurriendo en los pastizales del mundo mientras que alimenta a las personas al mismo tiempo (Savory y Butterfield, op. cit.).

Las cuatro técnicas descritas hasta aquí (AC, CC, RC y RCA), buscan aumentar y mantener el nivel de carbono orgánico del suelo (COS), es decir, de materia orgánica del suelo (MOS). Pero es importante entender que la MOS está compuesta por dos fracciones: una lábil o particulada (MOP) que consiste en residuos de plantas y animales parcialmente descompuestos con un rápido ciclado, muy sensible a los factores de manejo; y otra compuesta por productos de descomposición más procesados y asociados a la fracción mineral (MOA o complejos arcillo-húmicos), lo que la vuelve más estable, por lo que resulta de vital importancia para el almacenamiento de carbono en el suelo (Manso y Forján, op. cit.). Ahora bien, los microorganismos que prevalecen en un suelo con cobertura muerta son hongos descomponedores, los cuales poseen un sistema de hifas muy reducido. Por el contrario, las micorrizas, que obtienen su energía de las plantas vivas (mediante los exudados radiculares), poseen una red de hifas muy extensa y, como hemos visto, sintetizan polímeros de carbono altamente complejos (glomalina) a partir de los azúcares simples que les proveen las plantas (Jones, op. cit.). En otras palabras, mientras que el carbono lábil (o MOP) surge principalmente a partir de la entrada de biomasa (raíces muertas y rastrojo), los cuales son inmediatamente descompuestos y se pierden con suma facilidad; el carbono humificado (o MOA) proviene principalmente de la transmisión de carbono soluble de las raíces de las plantas (exudados) a los hongos micorrizas o a otra microflora simbiótica o asociada (ibíd.).

Esto deja en claro que la RC justificada con el cálculo del balance de carbono (oferta-demanda), mediante el rastrojo que dejan los cultivos de la sucesión, debe ser complementada con prácticas de manejo que fomente la entrada de carbono líquido al suelo para su humificación y secuestro, como los CC y RCA. En otras palabras, para lograr una producción agroecológica, *las prácticas descritas anteriormente deben complementarse*. Aunque, vale la pena aclarar que, la aplicación de tan solo una de ellas traerá algún beneficio al productor que viene practicando agricultura industrial.

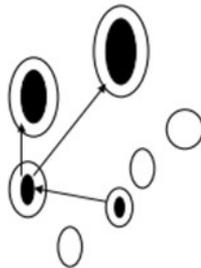
## 5. Corredores biológicos (CB):

Antes de entrar en detalle, es necesario conocer un concepto inherente a los CB: la “metapoblación”.

Se entiende por población biológica a un grupo de individuos de la misma especie, que comparten el mismo espacio y tiempo, que al ser genéticamente similares se reproducen entre sí, donde, además, todos los individuos tienen la misma posibilidad de interactuar unos con otros. Sin embargo, en la naturaleza, una misma población está separada en pequeños grupos en hábitats distanciados y diferentes (=población local), pero que tienen algún tipo de conexión con otras poblaciones locales mediante emigración y migración (Badii y Abreu, 2006). Al conjunto de estas poblaciones locales de la misma especie se lo conoce como “metapoblación”.

Esto quiere decir que las poblaciones locales están conectadas entre sí, formando una red dentro de un hábitat a escala regional (Hanski, 1998), paisajística o local, según la especie (ver Esquema N° 14).

Esquema N° 14: Modelo Clásico de Metapoblación



Nota: Los símbolos vacíos representan hábitats no ocupados, los llenos son hábitat ocupados por una población local. Las flechas muestran el movimiento de dispersión de algunos miembros de una población local hacia otra.

Fuente: Consultado (en línea) el 09/02/2021, en [http://www.sisal.unam.mx/labe-co/LAB\\_ECOLOGIA/Ecologia\\_de\\_Poblaciones\\_y\\_Comunidades\\_files/meta.pdf](http://www.sisal.unam.mx/labe-co/LAB_ECOLOGIA/Ecologia_de_Poblaciones_y_Comunidades_files/meta.pdf)

Esta conexión entre poblaciones locales resulta fundamental para la perpetuación de la especie en el tiempo y espacio; ya que, si una población local permanece 100% aislada (lo que vendría a ser una población propiamente dicha), las amenazas naturales de extinción recaerían sobre ella, también, al 100%. Es decir, perdería la posibilidad de migrar hacia

otro hábitat, de reponer sus pérdidas mediante emigración y, lo que es más importante, se perdería la diversidad genética dentro de la misma especie (endogamia). En este sentido, la pérdida significativa de hábitat puede dejar poblaciones locales aisladas; de hecho, resulta ser la causa más impactante en la extinción de poblaciones y especies (Hanski, op. cit.).

Desde el descubrimiento de la agricultura y la ganadería, los ecosistemas naturales fueron interrumpidos para la realización de dichas actividades. Esta interrupción llegó a ser catastrófica cuando los cultivos industriales extensivos se instalaron de manera masiva (ver Imagen N° 29). Por ejemplo, desde la sanción de la “Ley de Bosques” (26.331) en el 2007, hasta fines de 2017, se deforestaron en Argentina 2,6 millones de hectáreas, de las cuales más de 840 mil eran bosques protegidos. En 2018, las provincias de Salta, Santiago del Estero, Formosa y Chaco sumaron otras 112.766 hectáreas, de las cuales casi el 40% (40.965 hectáreas) eran bosques protegidos. La causa principal de esta fragmentación de bosques en Argentina fue (y sigue siendo) la expansión de la frontera agropecuaria (Greenpeace, 2019). Si sumamos el crecimiento urbano, nos damos cuenta que la fragmentación de hábitats naturales amenaza fuertemente la diversidad animal y botánica. Debido a esto, surgió la necesidad de reconectar las áreas naturales fragmentadas para proteger la vida silvestre y eficientizar los servicios ecosistémicos, entre ellos, el Control Biológico de Conservación (CBC).

Imagen N° 29: Desmontes de bosques nativos (Chaco, Argentina) para la implantación de cultivos extensivos



Fuente: Consultado (en línea) el 09/02/2021, en [https://www.clarin.com/medio\\_ambiente/Denuncian-hectareas-Gran-Chaco-Americano\\_0\\_BJW\\_IM3aw7e.html](https://www.clarin.com/medio_ambiente/Denuncian-hectareas-Gran-Chaco-Americano_0_BJW_IM3aw7e.html)

Como los patrones de dispersión y supervivencia de los Enemigos Naturales (EN) se ven afectados por las prácticas agrícolas dentro del campo (cosecha, siembra, aplicaciones), la reinvasión es necesaria desde afuera del campo hacia adentro. Por lo tanto, el tipo y la extensión de la tierra sin cultivar (parches de vegetación natural), que actúa como fuentes de recolonización de EN, pueden tener un impacto en el control biológico a una escala muy local, como en los cultivos adyacentes; pero, debido a que muchos EN son capaces de dispersarse ampliamente, el paisaje también tiene impacto sobre el CBC a una escala mayor. Por estos motivos, existen evidencias científicas de que el CBC es mayor en ambientes complejos (policultivos, rotación de cultivos, corredores biológicos) en comparación con paisajes simples (monocultivos) (Tscharrntke *et al.*; 2007; Ostman *et al.*, 2001; Chaplin-Kramer *et al.*, 2011; Rusch *et al.*, 2013). En consecuencia, es necesario asumir el rol de diseñadores y administradores de ecosistemas productivos para proteger la diversidad biológica y lograr así el máximo CBC.

Los CB son, entonces, herramientas esenciales para el diseño de sistemas productivos. En una visión a gran escala o paisajística, García (2002) definió a los CB como “extensión territorial de diferentes tamaños y formas, cuya función principal es conectar áreas protegidas para permitir tanto la migración como la dispersión de especies de flora y fauna silvestres”. Es decir que si debiéramos partir de un monte natural, su fragmentación debería realizarse de manera tal que no sea necesaria la construcción de conectores; el problema es que las bases biológicas de los servicios ecosistémicos no fueron parte de la formación académica de los técnicos que asesoraron (y asesoran, pues los desmontes irracionales continúan aún en plena pandemia) a los grandes inversionistas que compraron y desmontaron más de 2,6 millones de hectáreas de bosques nativos; por tal motivo, hoy en día, los interesados en producir de manera sustentable, no solo debemos regenerar la fertilidad del suelo, sino que también tenemos que reconectar los hábitats naturales.

La frase “debemos alimentar a una población creciente”, que se utiliza para respaldar la expansión de la frontera agropecuaria, pierde valor cuando se sabe que la producción de alimentos supera la tasa actual del crecimiento poblacional (FAO, 2015). Esto no es nada nuevo, pues en 2007

ya se sabía que, en los últimos 30 años (período 1977 - 2007), la producción total de alimentos en el mundo ha aumentado en un 134% (cereales) y un 227% (carne); mientras que la población mundial aumentó en un 94% en el mismo período (Pinheiro Machado Filho *et al.*, 2007). Pierde más valor aun cuando se sabe que la misma actividad agropecuaria contribuye a que se desertifiquen 1.370 hectáreas en el mundo, por hora. En consecuencia, antes de habilitar nuevas tierras, deberíamos recuperar las hectáreas degradadas que se tornaron improductivas y aumentar la eficiencia de las tierras productivas que van en camino a la desertificación. Estas dos cuestiones se consiguen únicamente con prácticas agroecológicas (regenerativas).

Los CB son, entonces, un fomento a la biodiversidad, es decir, una de varias maneras de aplicar el pilar “Estímulo de la Biodiversidad”. Y para su diseño y construcción se deben tener en cuenta, mínimamente, los siguientes aspectos:

#### *Diseño de la finca:*

En primer lugar, hay que tener una visión a escala paisajística de la finca, es decir, ver dónde está ubicada, cuáles son los parches de vegetación natural que la rodean, si existen ríos, arroyos y si estos están conectados con caminos de bosques nativos, entre otros aspectos. Por dar un ejemplo a modo orientativo, veamos las fincas hipotéticas A y B de la Imagen N° 30.

Imagen N° 30: Imagen satelital de dos fincas (A y B) ubicadas en Lavayén, Jujuy



Fuente: Foto del autor, 2020.

En esta imagen podemos apreciar que los dos reservorios más importantes están distanciados por 18 km de cultivos. Además, las dos fincas marcadas están ubicadas en una zona cálida con 6 meses de sequía (de otoño a fines de primavera), donde el río Lavayén es la única fuente de agua permanente durante este período. En la Imagen N° 31, también vemos que la finca A está a 1,2 km de distancia del río y las finca B a 1,6 km. Esta última rodeó su superficie de cultivo con 120 m de monte natural, mientras que la finca A solo dejó 25 metros de monte nativo “protegiendo” una pequeña cañada que atraviesa el cultivo y solo lleva agua en verano. Sin embargo, esta última tiene mejor conexión al río Lavayén, ya que la finca del frente también dejó protegida la continuidad de la cañada que llega hasta el río. En cambio, el vecino del frente, la finca B, no dejó cortina alguna que sirva de corredor biológico para que la fauna nativa pueda llegar protegida hasta el agua en épocas de sequía. Por lo tanto, sus 120 m de cortina periférica, más que cumplir la función de CB, es un pequeño reservorio de hábitat natural, que, a nivel local, brindaría servicios de CBC.

Imagen N° 31: Distancia del CB al río Lavayén, de las dos fincas A y B



Fuente: ibíd.

*Ahora, ¿qué hubiera pasado si, por ejemplo, todos los productores de la zona (obligados por Ley) hubieran destinado 60 m de cortina de sus límites e internamente (en caso de ser necesario) bajo un diseño guía elaborado por biólogos capacitados en el tema? Seguramente, la finca B hubiera ganado 60 m de contorno para cultivar y el productor de la finca A lo hubiera compensado*

con un contorno de 60 m de bosque nativo dentro de su finca. Y, de esta manera, los 18 km de cultivos se hubieran conectado consistentemente con los dos parches de vegetación nativa más extensos y con todo el margen del río Lavayén (ver Imagen N° 32). No olvidemos que la mayor complejidad del paisaje se traduce a mayor CBC y a un consecuente ahorro en costos de producción<sup>84</sup>.

Imagen N° 32: Formación hipotética de CB que llevan al río y atraviesan los 18 km de cultivos por diferentes caminos



Fuente: ibíd.

La superficie verde traslúcida marca los CB que se hubieran podido formar para no aislar o para reconectar los parches de vegetación nativa de mayor superficie; dando, como ejemplo, 120 m de CB compartidos, 60 m hacia ambos lados de una finca, de esta forma se divide entre productores la pérdida de superficie cultivable. Por supuesto que a los productores de menor superficie se les debería reducir tal exigencia.

Ahora bien, la escala paisajística, a su vez, debería servir de conectora entre reservorios a una escala mucho mayor, por ejemplo, a escala regional. Esto último quedó bien plasmado en un trabajo local que realizó Burgos y equipo (2020), sobre taxocenosis y distribución geográfica de serpientes en nuestra provincia, concluyendo lo siguiente:

El mantenimiento de los bosques y selvas de Jujuy (Argentina) y la biodiversidad que contienen solo será posible si la planificación es

84- Ver el ejemplo económico de las págs. 184 y 187.

realizada en el contexto más amplio a escalas de paisaje y regional, permitiendo la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos cruciales para las metapoblaciones que los habitan como decreta la ley Provincial de Medio Ambiente N° 5.063 en su artículo 12: “asegurar la preservación y conservación de la diversidad biológica y el mantenimiento de los diversos ecosistemas que existen en la Provincia” y la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

Respecto a esto, la conexión de hábitats a nivel paisajístico y regional compete, por ejemplo, a los organismos estatales encargados de la aplicación de la “Ley de Bosques”, *pero no al productor*. Este debería *adaptar* su sistema productivo a un sistema de CB diseñado y establecido por personal capacitado y financiado por el Estado, ya que, como hemos visto, la biodiversidad proporciona beneficios a toda la población, no solo al productor. Y como este puede perder área de cultivo o áreas preferenciales de cultivo, se suma otra razón para que el Estado (sociedad) sea responsable de la protección ambiental y el mantenimiento de las especies y ecosistemas nativos.

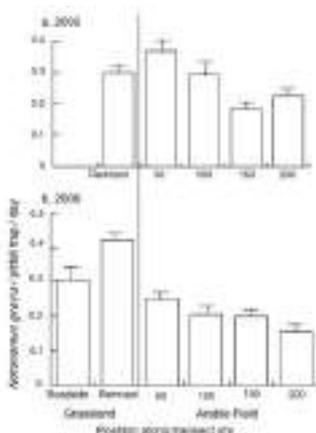
Luego de verse el paisaje, se analiza a una escala local, es decir, dentro de la finca y ya apuntando exclusivamente al CBC (*esto sí compete al productor*), sin perder de vista lo diseñado con anterioridad. Por ejemplo, para una pequeña huerta, bastará con dejar vegetación espontánea rodeándola; pero para una finca de 10.000 ha con lotes de siembra extensos (como los de la Imagen N° 29, anteriormente vista) será necesario construir CB dentro de cada lote, para lo que hay que tener en cuenta mínimamente los puntos siguientes.

#### *Espaciamiento entre CB:*

Existe poca información sobre el beneficio económico de los CB por disminución del costo de control de plagas (a nivel zonal, esta información no existe); por esta razón, la información que se tiene sobre espaciamiento óptimo de CB, generalmente, se limita al máximo CBC que ofrecen los distintos EN que allí se refugian (lamentablemente es información no zonal).

Por ejemplo, en el Gráfico N° 25 se observa cómo disminuye la actividad del carábido predador *Notonomus gravis*, a medida que aumenta la distancia al CB.

Gráfico N° 25: Densidad de actividad de *Notonomus gravis* en función de la distancia al CB



Nota: En este caso, el corredor biológico se realizó con herbáceas (*Grassland*) que crecieron espontáneamente al dejar de cultivar la superficie destinada al CB.

Fuente: Nash *et al.*, 2008.

Pero, como la capacidad de dispersión de los insectos se correlaciona positivamente con su tamaño, un EN pequeño tendrá una máxima actividad controladora a una distancia más reducida al CB (Holland *et al.*, 2005; Schweiger *et al.*, 2005). Esto queda bien reflejado en el ejemplo<sup>85</sup> de Rosset y Altieri (2018); en el estudio de Altieri *et al.* (2005), quienes encontraron una mayor parasitación de huevos de cotorritas (*Empoasca spp.*) por parte de pequeños himenópteros (*Anagrus epos*) en los primeros 25 m de distancia al CB; y en el estudio de Schweiger *et al.* (op. cit.) y Maalouly *et al.* (2013), quienes encontraron que el tamaño de los artrópodos aumentó al disminuir la conectividad entre parches, lo que indica que las especies pequeñas se adaptan mejor a los hábitats conectados que a los aislados y las especies grandes se enfrentan mejor al aislamiento que las especies pequeñas. Schweiger y equipo destacaron que las especies de fácil

85- Mencionado en la pág. 189.

dispersión, que no siempre son las de mayor tamaño, como los Sírfidos predadores (Dípteros), se ven negativamente más afectadas por la pérdida de hábitat (menor cantidad de parches) que por la conectividad entre ellos (CB). Por el contrario, las especies de tamaño mediano a pequeño con limitaciones de vuelo (crisopas, vaquitas, pequeños hemípteros predadores, microhimenópteros) se ven afectadas negativamente por la discontinuidad del hábitat. Por estos motivos, se deduce que, únicamente desde el punto de vista “control de plagas”, a menor distancia entre CB mayor será la diversidad de EN que tengan acceso al campo de cultivo; por lo tanto, mayor será el CBC. Pero por supuesto que se debe considerar las cuestiones económicas y operativas. Por estas razones, generalmente se recomiendan espaciamientos entre 100 m a 200 m en cultivos extensivos (Grupo TIERE).

#### *Especies vegetales del CB:*

Si bien se acostumbra a dejar crecer las especies nativas que emergen espontáneamente, existe información científica que afirma que los pastos formadores de matas y las plantas con flores como Umbelíferas (Apiáceas), Brasicáceas (Crucíferas), Asteráceas (Compuestas) y especies aromáticas (algunas Lamiaceae y Asteráceas), ya sean espontáneas o implantadas, tienen un cierto poder de atracción y mantención de diversas poblaciones de EN (Altieri *et al.*, op. cit.; Holland *et al.*, op. cit.; Hatt *et al.*, 2018; Lattuca *et al.*, op. cit.). Por ejemplo, las aromáticas como el ajeno (*Artemisia absinthium* – Asteráceas) y la lavanda (*Lavandula spp.* – Lamiaceae) pueden mantener altas poblaciones de predadores, ya que estas plantas son alimento de pulgones grises que no afectan la soja, el maíz ni las hortalizas. Además de ser fuentes de polen y néctar y tener bajos requerimientos de agua y nutrientes, permanecen todo el año verde sirviendo como fuentes de refugio y alimento alternativo cuando el campo de cultivo fue cosechado o está recién sembrado (ver Imagen N° 33).

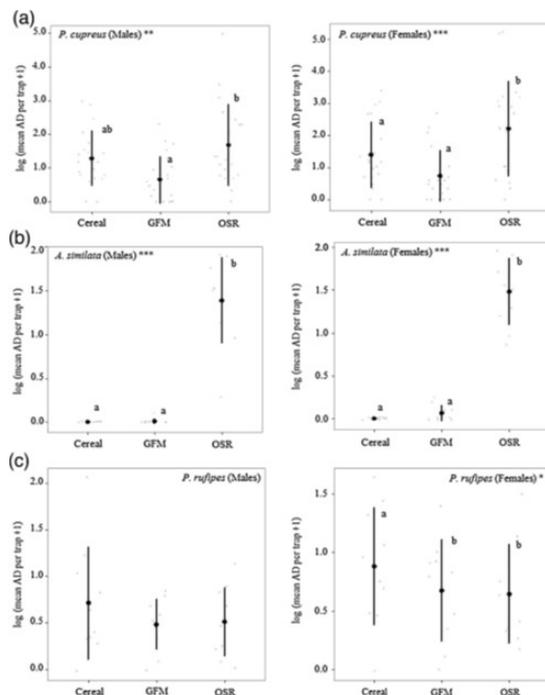
Imagen N° 33: Diversidad de vaquitas predadoras y dípteros alimentándose sobre plantas de ajeno



Fuente: Foto del autor, tomada en Maimara, Jujuy, Argentina, 2015.

Otro ejemplo lo tenemos en el trabajo de Labruyere *et al.*, quienes en 2016 encontraron que, de tres especies de carábidos predadores estudiados, dos prefirieron el cultivo de colza (Brasicácea) antes que el cultivo de trigo y las pasturas permanentes, mientras que solo una especie no presentó diferencias estadísticas en su densidad de actividad en los tres hábitats estudiados (Colza vs. Cereal vs. Pastura permanente) (ver Gráfico N° 26).

Gráfico N° 26: Efecto del Hábitat sobre la Densidad de Actividad Media (AD) por trampa para cada especie y sexo de Carábido, estudiada durante el pico de actividad



Nota: (a) *Poecilus cupreus*, (b) *Amara similata* y (c) *Pseudoophonus rufipes*. Cereal: trigo; GFM: pastura permanente; OSR: colza.

Fuente: ibíd.

Estos resultados resaltan nuevamente la conveniencia de fomentar la diversidad de EN como estrategia de complementación en tiempo y espacio, debido a que, mientras *P. cupreus* y *A. similata* son especies estivales, *P. rufipes* es otoñal, por lo tanto, presentan picos poblacionales diferentes que tienden a complementarse a lo largo del año. Labruyere y equipo, también, encontraron que los márgenes con pasturas permanentes (GFM) proporcionaron presas alternativas, refugio de pesticidas y otros disturbios agrícolas y sitios de hibernación, lo que mejoraba la recolonización de los plantíos adyacentes durante la temporada de crecimiento del cultivo (colonización cíclica). Ahora bien, aunque es de gran interés que los CB

tengan especies enemigas naturales de “plagas”, no olvidemos que el principal objetivo de los CB es el mantenimiento del hábitat para asegurar la supervivencia de las especies nativas (desde animales hasta hongos) y su selección natural. Los CB juegan un papel fundamental en la prevención del aislamiento de la población, como se indicó con anterioridad.

Otro aspecto a considerar, en cuanto a las especies vegetales a seleccionar para la construcción de los CB, es lograr un período de floración lo más largo posible, ya que la presencia local y sostenible de plantas con flores proporcionan polen y néctar que mejoran la longevidad y fecundidad de parasitoides himenópteros adultos (Schmale *et al.*, 2001; Olson y Wäckers, 2007; Géneau *et al.*, 2012). También los adultos de crisopas y sírfidos necesitan néctar y polen, siendo sus larvas activas depredadoras (Ernault *et al.*, 2013). Por lo tanto, estos parásitos, parasitoides y depredadores necesitan explotar recursos complementarios que están separados espacialmente para completar su ciclo de vida (proceso de complementación del paisaje). Así también, muchos adultos de carábidos se alimentan de semillas de plantas espontáneas, por lo tanto, la mayor cantidad y diversidad de plantas en floración pueden proporcionar alimentos alternativos a los carábidos cuando baja la población de presas dentro del campo de cultivo (lo que ocurre luego de alguna aplicación de pesticidas, es decir, es un suceso frecuente). Esta complementación alimenticia mantiene altos niveles poblacionales de EN y mejora su estado nutricional, como consecuencia trofobiótica, aumenta su resistencia a factores bióticos y abióticos, y su capacidad reproductiva; por lo tanto, la colonización de los campos de cultivos es mucho más eficiente (Frank *et al.*, 2009).

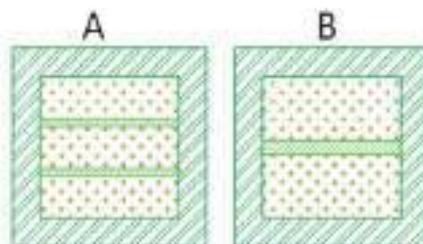
Hay que tener en cuenta que, para lograr un período de floración prolongado dentro de los CB, es necesario que existan *diversas* especies de plantas cuyos tiempos de floración se complementen, esto sugiere un mayor control biológico en paisajes complejos que mantienen recursos florales más abundantes y diversos (Nicholls *et al.*, 2000; Altieri *et al.*, op. cit.; Olson y Wäckers, op. cit.). Por ejemplo, se ha encontrado que la fecundidad, el tamaño corporal y la condición nutricional de los escarabajos depredadores carábidos se correlacionan positivamente con la heterogeneidad del paisaje, lo que sugiere una menor disponibilidad de alimentos en paisajes homogéneos (Rusch *et al.*, op. cit.).

### *Ancho de los CB:*

Fry y Sarlöv-Herlin (1997), con una mirada a escala paisajística y regional, mencionaron que el ancho de los CB se reconoce como uno de los factores más importantes a tener en cuenta debido a su valor como hábitat de vida silvestre. Por lo tanto, estos autores recomiendan que los CB sean lo más anchos posibles. Esta recomendación debería tenerse en cuenta a la hora de realizar la fragmentación de hábitats naturales; pero en el caso de construcción de CB para el CBC bajo una mira a escala local, el ancho no puede exceder ciertos límites, pues deben ser lo suficiente como para mantener altas poblaciones de EN, pero no lo demasiado como para disminuir bruscamente la superficie cultivable. Para resumir: *los CB dentro de los lotes de cultivo tienen la función principal de fomentar el CBC, mientras que las cortinas de monte nativo, además de esto, conectan hábitats más grandes y sirven, principalmente, para la conservación de la vida silvestre.* Por lo tanto, la planificación del ancho de las cortinas de bosque nativo sí debería seguir las recomendaciones de Fry y Sarlöv-Herlin (op. cit.).

En cambio, bajo una mirada local, Gliessman (2000) recomendó CB de 5 m de ancho en cultivos de vid. Mientras que Souza *et al.* (2019) mencionaron trabajos que promediaban un ancho entre 3 y 9 m, distanciados a no más de 100 m entre ellos. En definitiva, la información no es abundante (inexistente en el NOA) y depende de muchos factores propios de cada finca, principalmente, el tipo y extensión de cultivo y clima. En el Esquema N° 15, proponemos dos diseños de CB.

Esquema N° 15: Dos Diseños distintos de Corredores Biológicos para el Control Biológico de Conservación, para una misma superficie de cultivo<sup>86</sup>



Fuente: Elaboración propia, 2020.

De acuerdo a la información bibliográfica anteriormente mencionada, los dos diseños poseen óptimas distancias hacia el centro del cultivo para un correcto CBC, pero como, teóricamente, la mayor eficiencia de control se encuentra a mayor cercanía al CB, el diseño A podría ser el más conveniente. Por otra parte, el diseño B, al ser más ancho, podría proporcionar un refugio más prometedor frente a las bajas temperaturas y las aplicaciones de pesticidas. En definitiva, será la escala del establecimiento y la practicidad de la construcción lo que definirá el ancho del CB a utilizar. Nosotros optaríamos por un CB de 5 m de ancho en una finca de menor superficie o de cultivos intensivos, y uno de 10 m en un sistema productivo extensivo. De todas formas, la decisión final muchas veces depende del ancho de labor de la maquinaria utilizada, pues esto facilita mucho su trazado. Por ejemplo, en la finca de la Imagen N° 34, se crearon CB del ancho del botalón de la pulverizadora distanciados cada uno a 300 m. En este caso, la distancia al centro del cultivo es de 150 m, lo que indica que, teóricamente, solo los predadores generalistas de mayor tamaño podrán alcanzar el centro del cultivo, el resto de los EN se limitará más al margen de los CB (Chaplin-Kramer *et al.*, op. cit.).

86- Este dibujo se realizó a escala con Autocad. La superficie rayada periférica representa una cortina de 20 m de ancho que rodea 1 ha de cultivo (100 m x 100 m). Los dos diseños tienen 0,1 ha de CB (10 m x 100 m), la diferencia está en el ancho: el diseño A permite 2 CB de 5 m de ancho espaciado a 30 m entre cada uno y de las cortinas, por lo tanto, la distancia máxima al centro del cultivo es de 15 m. Mientras que el diseño B tiene 1 CB de 10 m de ancho espaciado a 45 m de las cortinas en ambos lados, por lo tanto, la distancia máxima hacia el centro del campo de cultivo es de 22,5 m entre 2 CB (cortina y CB, propiamente dicho).

Imagen N° 34: Corredor Biológico del ancho del botalón de la pulverizadora que utiliza el productor



Fuente: Grupo TIERE, Córdoba (Argentina), 2019.

Para terminar con el ejemplo hipotético de las fincas A y B, la Imagen N° 35 muestra cómo podrían quedar diseñados los CB a escala paisajística y local.

Imagen N° 35: Diseño hipotético de CB a escala paisajística y local



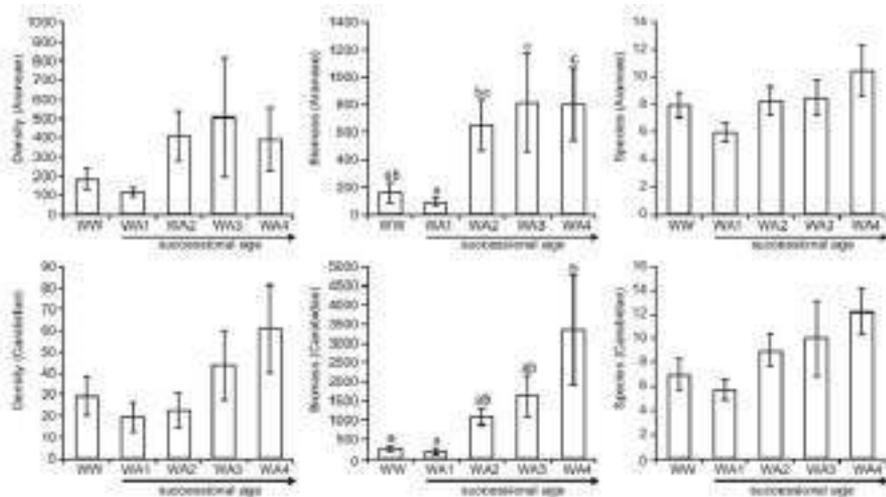
Fuente: Foto del autor, 2020.

En las fincas A y B se construyeron CB distanciados a 180 m (promedio) y con 5 m de ancho cada uno. En la finca B, entraron 6 CB ocupando 3,2 ha de la superficie total de cultivo (130 ha), es decir, el 2,5%. Pero, al compartir 60 m de cortina con sus vecinos, recuperaría 60 m periféricos de superficie cultivable (120m – 60m), lo que equivale a 22 ha. Por el contrario, el productor A con 146 ha construyó 7 CB, lo que equivale a 3 ha de la superficie total de cultivo, es decir, el 2%. Pero, al tener que compartir 60 m de cortina en los límites y proteger la cañada que lo atraviesa, perdió 23,6 ha, es decir, en total perdió 18% de su superficie cultivable inicial. Según este ejemplo, el productor B estaría en condiciones de hacer CB más anchos y/o más cercanos unos de otros, debido a su ganancia de superficie cultivable por adelgazamiento de sus cortinas periféricas; mientras que el productor A, seguro, preferirá distanciar más sus CB internos para perder menos superficie de cultivo. De todas formas, ambos productores se beneficiarán de un CBC más eficiente.

#### *Edad del CB:*

Se refiere al tiempo que los CB permanecen sin ser perturbados. Es recomendable la menor frecuencia de perturbación y, de ser necesaria, lo menos destructiva posible, además de realizarse cuando el cultivo adyacente esté desarrollado, lo que permitiría a los EN refugiarse y alimentarse en el cultivo. Frank y equipo (op. cit.) encontraron que, así como la diversidad florística afecta la cantidad y variedad de EN que pueden refugiarse en un CB, la edad del CB afecta la cantidad (densidad y biomasa) de los EN; en este caso, estudiaron EN Arácnidos, Carábidos y Heterópteros (ver Gráficos N° 27 y 28).

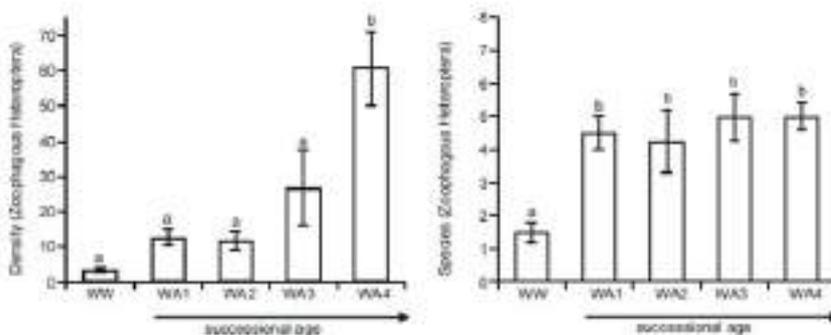
Gráfico N° 27: Densidad, Biomasa y Riqueza de especies de Araneae (arañas), Carabidae y Heterópteros



Nota: WW: trigo de invierno. WA: sitios de flores silvestres, con 1 (WA1) a 4 (WA4) años de edad.

Fuente: ibíd.

Gráfico N° 28: Densidad y Riqueza de especies de Heterópteros predadores



Nota: WW: trigo de invierno. WA: sitios de flores silvestres, con 1 (WA1) a 4 (WA4) años de edad.

Fuente: ibíd.

La biomasa refleja la productividad del hábitat, un valor más elevado indica mejores condiciones alimenticias para los EN; en consecuencia, mayor será su condición nutricional (mayor longevidad y posturas). Se espera entonces que la invasión de EN hacia los campos de cultivos aumente a medida que la edad de los CB, sin perturbaciones, también lo haga. Se recomienda, por lo tanto, mantener áreas con flores silvestres permanente con la menor de las perturbaciones posibles (ibíd.).

#### *Cobertura de suelo y pesticidas:*

Hasta aquí nos hemos referido a la necesidad de construir CB para fomentar el CBC, pero no perdamos de vista que la misma cobertura viva del suelo es un CB que, además de proteger el suelo (y consecuentes beneficios), aumenta el CBC. Por ejemplo, Wan *et al.* (2014a) mencionaron que, al cubrirse el suelo de un monte frutal, la abundancia de herbívoros y la pérdida de rendimiento pueden reducirse en aproximadamente un 15 y un 5%, respectivamente. Así también, Wan *et al.* (2014b) demostraron que la cobertura del suelo promovió la función del servicio de CBC ya que la abundancia de arañas, vaquitas, crisopas y moscas depredadoras aumentó 43.8%, 91.2%, 126.7% y 117.1%, respectivamente, en comparación con plantaciones frutales sin cobertura de suelo. También encontraron que, en comparación con parcelas con suelo desnudo, la abundancia de áfidos y *Grafolita molesta* disminuyó respectivamente en más del 30 %, lo que se tradujo a un aumento de más del 5 % en el rendimiento de los durazneros. Estos autores discutían la idea de que el valor principal de la cobertura del suelo en los huertos era el movimiento de los depredadores desde el suelo cubierto hacia los árboles, aumentando así la riqueza y abundancia de los mismos en los árboles; ya que las arañas, vaquitas, crisopas, coleópteros, y moscas depredadoras podían dispersarse fácilmente desde el trébol blanco (*Trifolium repens*) al dosel de los durazneros. Por otra parte, observaron que los depredadores se transfieren de forma activa hacia la cobertura del suelo para evitar perturbaciones causadas por el hombre cuando se cortan las ramas o brotes de durazno infestados de patógenos, cuando se pulverizan venenos y cuando las condiciones meteorológicas son adversas (como caídas bruscas de temperatura o lluvia intensa).

Más tarde, Wan *et al.* (2018) encontraron que la cobertura de suelo con trébol blanco, en plantaciones de durazneros, aumentó un 22% las poblaciones de vaquitas predadores (*Leis axyridis*, *Propylaea japonica*, *Chilocorus kuwanae* y *Coccinella septempunctata*) y disminuyó un 13.6% el número de cotorritas (*Empoasca flavescens* y *Erythroneura sudra*) por cada 100 hojas de durazno, en comparación con los huertos de control (suelo desnudo). Pero, a diferencia de los estudios anteriores, agregaron a este análisis un factor que consideraron clave para explicar este aumento del CBC: *la distribución espacial de los EN y fitófagos*. Mencionaron que la agregación, a diferencia de la dispersión espacial, favorece la tasa de predación. Estos autores atribuyeron el aumento del CBC, en plantaciones con suelos cubiertos, a la agregación espacial de herbívoros y predadores, ya que esta agregación optimizó la capacidad de encontrar, atacar y consumir presas herbívoras. La agregación espacial, gracias a la cobertura del suelo, se debe principalmente al refugio alternativo que ofrece la cobertura; es decir que cuando un insecto (EN o fitófago) cae al suelo, escapando de alguna perturbación, tiende a dispersarse si el suelo está desnudo para buscar refugio, mientras que si está cubierto tiende a permanecer allí refugiado para luego reinvasión los árboles más próximos y, hasta incluso, el mismo árbol del que cayó. Esto explicó por qué, tanto los herbívoros como los depredadores, exhibieron una distribución agregada en el tratamiento de cobertura del suelo; mientras que se encontró una distribución aleatoria (dispersa) en los huertos de duraznos de control (suelo desnudo). De esta forma, la cobertura de trébol aumentó la agregación espacial de plagas y predadores, eficientizando el control biológico de plagas.

También, Maalouly *et al.* (op. cit.) encontraron un aumento significativo en el nivel de parasitismos de *Cydia pomonella* al aumentar la complejidad local (cobertura de suelo) y al disminuir la frecuencia de aplicaciones de pesticidas. Mencionaron que la sola eliminación de plantas espontáneas con flores (mediante herbicidas o rastra) disminuye el nivel de parasitismo. De la misma manera, Labruyere y equipo (op. cit.) demostraron que la Frecuencia de Tratamientos Insecticidas (TFI) afecta negativa y significativamente el estado corporal (CF<sup>87</sup>) de los carábidos predadores. Esto no solo se debe al efecto tóxico sobre los EN, sino a que, además, aumenta la actividad de

87- CF: relación entre longitud del élitro y peso del individuo.

búsqueda de presas (dispersión de EN); es decir, ocurre una sobre excitación sobre los EN y una disminución de alimento al mismo tiempo, esto se traduce a un menor estado nutricional (CF). Como el CF se correlaciona directamente con el número de ovocitos maduros, el uso de insecticidas afecta negativamente el número de huevos puestos por la hembra, por lo tanto, reduce significativamente el número de carábidos en la campaña siguiente. Lo mismo se aplica, lógicamente, a los EN de cualquier tipo, siendo los más afectados aquellos EN más específicos y/o con limitaciones de dispersión (Chaplin-Kramer *et al.*, op. cit.). En otras palabras, la mayor TFI disminuye la diversidad y cantidad de EN, y esto se potencia cuando el suelo está desnudo (Wan *et al.*, op. cit.). Por lo tanto, un aumento de predadores se asocia a la reducción de labranza y TFI (Nash *et al.*, op. cit.; Geiger *et al.*, 2010).

### **De lo ilógico a lo absurdo**

Resaltemos que es totalmente ilógico eliminar la cobertura del suelo en un cultivo de árboles o arbustos frutales bajo la idea de competencia, pues la complementación del crecimiento radicular entre distintas especies vegetales (asociación de cultivos) es clave para eficientizar la exploración del suelo y consecuente suministro de energía orgánica para la activación de la biocenosis y acumulación de COS. En otras palabras, las herbáceas jamás pueden competir con árboles o arbustos, muy diferente es el caso de plantas trepadoras perennes, que pueden cubrir la copa entera de un árbol o arbusto.

Referido a lo anterior, y trayendo una reflexión al respecto, se ha escuchado a asesores agrónomos decir que, en una plantación frutal, era mejor secar el pasto con herbicida para mantener el suelo limpio (desnudo), en vez de cortarlo, ya que, si se corta, los insectos que estaban en el pasto irán obligadamente a comer las hojas del frutal. Después de haber entendido las bases científicas de los CB, una afirmación como esta deja de ser ilógica para transformarse en absurda.

En cuanto a cultivos hortícolas, recordemos el ejemplo de las Imágenes N° 3 y 4 (vistas casi al principio del libro) donde la cobertura viva es incluso utilizada en cultivos hortícolas<sup>88</sup>. En definitiva, todo depende de la

88- Ver capítulo 16.

creatividad y voluntad del productor para trabajar a favor de la vida y no en su contra. Volviendo a otro ejemplo, el del productor tabacalero de Los Alisos (Jujuy, Argentina), que sembró maíz como abono verde al finalizar la cosecha del tabaco; al iniciar la preparación del suelo para la campaña tabacalera siguiente, la inmensa cantidad de crisopas que salían volando del maíz de cobertura le llamó tanto la atención que detuvo el tractor y se bajó a tomar fotos (ver Imagen N° 36, a y b). Estas crisopas encontrarán refugios para pasar el invierno en las borduras del campo de cultivo, pues no son lotes extensos, en consecuencia, es muy probable que la población de EN en esta campaña tabacalera (2020/21) sea mucho más notoria que en las campañas anteriores, donde no se utilizaron cultivos de cobertura. En otras palabras, esta técnica de cubrir el suelo con cultivos no solo le trae beneficios al suelo (y ahorro de energía fósil), sino también al CBC.

Imagen N° 36 (a y b): Crisopas en Abono Verde de maíz  
Ver epígrafe.





Nota: (a): Cultivo de maíz para cobertura del suelo en una finca tabacalera. (b): Adultos de Crisopas que quedaban en la trompa del tractor.

Fuente: Elaboración propia, tomada en finca tabacalera en Los Alisos, Jujuy, Argentina, 2020.

### Orden de importancia

No caigamos en el error de priorizar los CB frente al cuidado del suelo. Si los fitófagos encuentran alimento en cantidad y *calidad*, su capacidad biótica aumentará al igual que su capacidad de dispersión y de resistir agentes bióticos y abióticos (Trofobiosis). En otras palabras, no se le puede pedir a los EN que solucionen nuestro mal manejo del suelo, ya que los EN invaden el campo de cultivo a medida que aparecen poblaciones de fitófagos, pero si los fitófagos proliferan rápidamente, no habrá población de EN que pueda controlarlos. Por lo tanto, el productor habrá construido CB sin obtener los resultados que esperaba.

Para evitar esto, en *primer lugar*, se debe promover el equilibrio metabólico de las plantas para eliminar la capacidad explosiva de las plagas, esto es:

- Trabajar con cultivares adaptados a la zona donde serán producidos.
- Promover la fertilidad natural del suelo cuidando la estructura,

cobertura y contenido de MO humificada (siembra y plantío directo, AC, RC, CC y RCA).

- No usar fertilizantes químicos de alta solubilidad.
- No practicar monocultivos.
- Evitar la intoxicación de la biocenosis del suelo y los posibles efectos iatrogénicos por el uso de pesticidas.
- Manejar el riego de manera racional, es decir, evitando la saturación del suelo y humedecer el perfil en profundidad; esto es, monitorear la humedad del suelo para decidir cuándo y cuánto regar.

Una vez asegurados los factores que garantizan el equilibrio y resiliencia metabólica<sup>89</sup> de las plantas, es preciso, en *segundo lugar*, proporcionar un ambiente favorable a los EN para favorecer o efficientizar el CBC, es decir, aumentar aún más la complejidad vegetal de la finca de manera racional mediante el diseño y construcción de CB.

### **Un ejemplo hipotético**

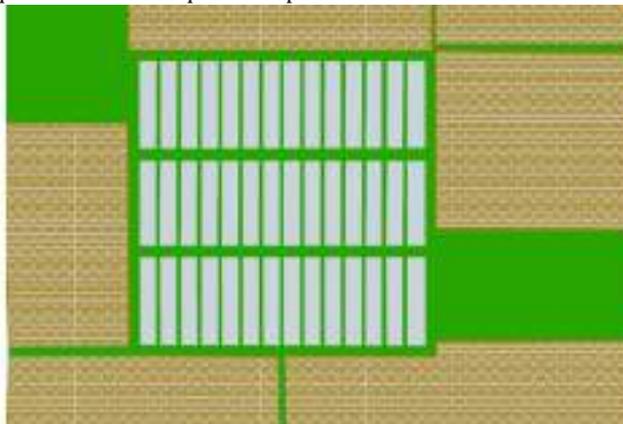
Finalmente, para poder aplicar todos estos conceptos (AC, RC, CC, RCA y CB) en un sistema productivo en Jujuy, se dará el siguiente ejemplo, aunque hipotético, no lejos de nuestra realidad ecológica.

Imaginemos que se debe rediseñar una finca de 1.000 ha dedicada a la producción de granos. Retomando las bases científicas para el diseño de CB, imaginemos que, a escala paisajística y local, la finca queda diseñada de la siguiente manera (ver Esquema N° 16):

---

89- Se refiere a la capacidad que otorga un suelo vivo (rico en MO y bien estructurado), a las plantas, para sobreponerse a momentos críticos y adaptarse luego de experimentar alguna situación inusual o inesperada, es decir, cuando los factores que el productor no puede controlar juegan en su contra repentinamente, como, por ejemplo, fuertes precipitaciones, cambios bruscos de temperatura o sequía.

Esquema N° 16: Esquema hipotético de una finca de 1000 ha<sup>90</sup>



Nota: La superficie de color marrón es parte de los campos de siembra de los vecinos. La superficie color verde son parches de monte nativo. La finca hipotética se encuentra en el centro del esquema y conecta los parches mediante el diseño de CB.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Como se ve en el anterior esquema, el establecimiento productivo se rodeó con una cortina perimetral de monte nativo de 100 m de ancho (CB) y se dividió en tres mediante dos CB de 100 m de ancho, que lo atraviesan permitiendo la conexión entre los dos parches de vegetación nativa más grandes (vecinos); quedando 3 lotes de siembra que, a su vez, fueron atravesados con 13 CB de 25 m de ancho, distanciados a 184 m (el espaciamiento óptimo de los CB se ajustó para que el ancho de labor de la sembradora -23 m- vaya y vuelva 8 veces entre cada CB). En total, la superficie que ocupan los CB es de 275 ha, es decir, el 27,5% de la superficie total de la finca (ajustándose al 30% de la superficie de reserva que recomiendan Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, op. cit.). De esta manera, quedan disponibles para la siembra 725 ha distribuidas en 3 lotes grandes de 241 ha, cada uno.

Para la rotación de cultivos con animales, se podría disponer dos lotes (2/3) para cultivos y un lote (1/3) para la actividad ganadera. A su vez, la mitad de la superficie agrícola (1/3) se destina a producir granos de invierno

90- El dibujo está realizado a escala con Autocad.

y la otra mitad (1/3) para granos de verano. De esta manera, la superficie de cada tercio agrícola se cosecha una vez al año minimizando el agotamiento del suelo.

Los cultivos de verano e invierno propuestos se ven en las Tablas N° 30 y 31, a continuación.

Tabla N° 30: Cultivos de Verano propuestos para Jujuy, con sus respectivas fechas de Siembra y Cosecha

Cultivo	Fecha Siembra	Fecha Cosecha
Soja	diciembre-enero	abril-mayo
Maíz	diciembre-enero	junio-julio

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla N° 31: Cultivos de Invierno propuestos para Jujuy, con sus respectivas fechas de Siembra y Cosecha

Cultivo	Fecha Siembra	Fecha Cosecha
Garbanzo	Abril-Mayo	Octubre-Noviembre
Trigo	Abril-Mayo	Octubre-Noviembre

Fuente: ibíd.

Luego, para cubrir el suelo durante el período del año que el cultivo comercial está ausente, en la Tabla N° 32 se proponen los siguientes cultivos de cobertura para el verano (para cubrir el suelo del lote donde se cosecha el cultivo de invierno) y para el invierno (para cubrir el suelo del lote donde se cosecha el cultivo de verano).

Tabla N° 32: Cultivos de cobertura de verano e invierno propuestos para Jujuy

Cultivo	Fecha Siembra*	Fecha Volteo**
Centeno + vicia	May-Jun	Sep-Oct
Avena negra + vicia***	Abr-May	Ago-Sep
Sorgo + mucuna	Dic-Ene	Mar-Abr

Nota: \*En soja, la siembra es inmediata a la cosecha o previa con avión o al voleo. En maíz, la siembra es previa a la cosecha con avión. \*\*Los cultivos de cobertura se voltean con rolo antes del cuaje para minimizar el consumo de agua y nutrientes, para que estos sean utilizados por el cultivo comercial. Así se evita, además, que la relación C/N del suelo aumente (se volteo un material vegetal con bajo

contenido de lignina) y que el CC rebrote. \*\*\*En años o ambientes más secos se podría reemplazar la vicia por otra leguminosa más resistente a sequía, como, por ejemplo, la *Crotalaria*.

Fuente: ibíd.

En cuanto a las especies de pasturas a utilizar, se recomendaría sembrar un mix entre distintas especies de verano e invierno según la zona; por ejemplo, el mix que se propone en la Tabla N° 33.

Tabla N° 33: Mix de Semillas de Pasturas propuestas para Jujuy

Cultivo	Verano*	Invierno
Gatton panic	x	
Buffel grass	x	
Festuca spp.		x
Trifolium repens		x
Trifolium pratense		x

Nota: \*Generalmente, casi no es necesario sembrar las pasturas de verano, ya que, en nuestra zona, crecen una gran variedad de gramíneas estivales nativas con buen potencial forrajero; por supuesto que todo dependerá del estado de degradación del suelo.

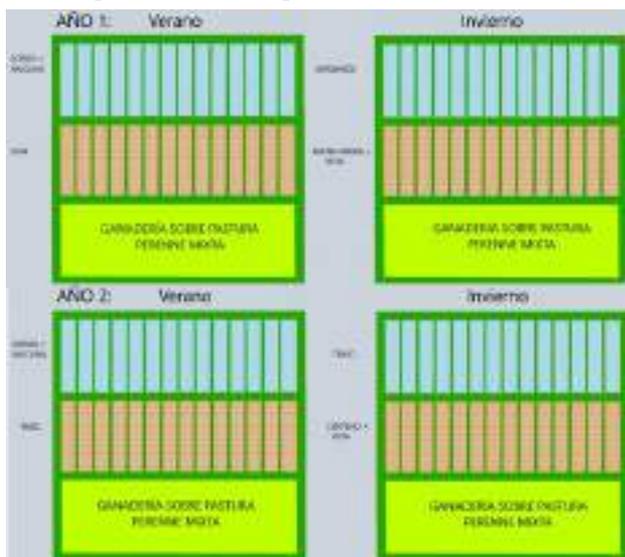
Fuente: ibíd.

La ganadería a desarrollar debe promover la fertilidad del suelo, en consecuencia, siempre se recomienda un sistema de pastoreo racional (PRV). En cuanto a la especie de ganado a elegir, dependerá también de las posibilidades ecológicas y del productor, por ejemplo, una gran limitante en el NOA resulta ser la imposibilidad de contar con fuentes de agua para darle de beber a los animales. Realizar un pozo para bombear agua es algo muy costoso en el Norte argentino, ya que el agua subterránea generalmente se encuentra a gran profundidad, encareciendo el sistema (aunque no se descarta esta posibilidad). Una solución a esta realidad podría ser la de utilizar gallinas, para lo cual se puede traer agua en un tanque remolque. En 241 ha se podrían tener mínimamente 5.000 gallinas ponedoras en libre pastoreo, que se refugian y ponen huevos en galpones móviles que se cambian de lugar cada 5 a 7 días durante el año por todo el lote ganadero.

También podrían utilizarse herbívoros con bajo requerimientos hídricos como los ovinos<sup>91</sup>.

Los cultivos de verano rotan entre ellos al igual que los de invierno, quedando un esquema de rotación y cobertura verde (CC) que se completa en dos años (“rotación menor”) de la siguiente manera (ver Esquema N° 17).

Esquema N° 17: Esquema de Rotación Menor



Fuente: Elaboración propia, 2020.

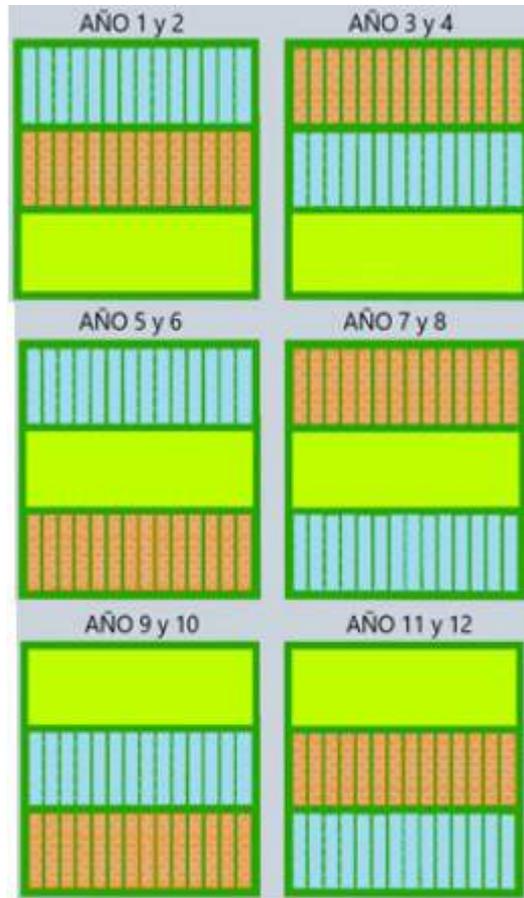
La superficie de color celeste representa el lote destinado a cultivos de invierno, mientras que la de color anaranjado representa el lote destinado a cultivos de verano. La superficie de color amarillo representa el lote destinado a ganadería. Los CB de este último lote pueden mantenerse (según el esquema de pastoreo utilizado) o pastarlos (recordemos que un pastizal es de por sí un CB).

Luego de un ciclo de rotación menor (2 años), la superficie que se destina a cultivos de invierno se rota con la destinada a cultivos de verano, de esta manera, se logra un sistema de rotación agrícola “intermedia” de 4 años. Finalizado este período, el lote de ganadería se rota en los 2/3 restante

91- Para más información sobre manejo de aves y ovinos en pastoreo racional, se recomienda la lectura de Dutra Keiran y Vaschetto, 2020.

quedando un sistema de “rotación mayor” de 12 años (ver Esquema N° 18).

Esquema N° 18: Esquema de Rotación Intermedia y Mayor



Fuente: *ibíd.*

Como se puede imaginar, y como ya se mencionó en el capítulo 11, se abre una inmensa variedad de posibilidades. Por ejemplo, si se opta por ganadería bovina, donde las instalaciones son semipermanentes y más costosas (comparada con la producción de huevos de gallinas), la finca podría dividirse en 4 lotes; de esta forma, la inversión inicial para la instalación ganadera sería menor y, a su vez, si se destinan 2 lotes (2/4) para la producción de granos de verano y el lote restante (1/4) a la de invierno, la

rotación intermedia se prolonga 2 años más, en consecuencia, la ganadería se mueve cada 6 años dando mayor tiempo de recuperación a la inversión. Es necesario mencionar que la infraestructura de la red hidráulica (mangueras y bebederos) se mantiene y cohabita con el cultivo (Pinheiro Machado, op. cit.), levantándose únicamente los alambres eléctricos para instalarlos en el lote siguiente.

Otra alternativa que, a diferencia de la producción bovina, ofrece una entrada de dinero en un menor plazo, mayor frecuencia y con posibilidad de aplicarse en un espacio más reducido es la crianza agroecológica de cerdos (a libre pastoreo), donde la inmensa catástrofe ambiental que ocasiona el estiércol de cerdos, producido en confinamiento, se convierte en una inmensa herramienta agroecológica que permite mantener la fertilidad natural del suelo. Además, como explica Pinheiro Machado Filho *et al.* (op. cit.), la crianza agroecológica de cerdos, comparada con la industrial, posee un menor costo de instalaciones (reducción entre un 40 a 70%, con menor mecanización, tasa de interés, mantenimientos y depreciaciones), pudiéndose alcanzar un mayor margen neto debido al menor capital invertido y manutenciones. Al mismo tiempo, demanda mayor mano de obra, convirtiéndose (al igual que toda ganadería racional) en una *potente herramienta para revertir la migración rural*<sup>92</sup>.

Notemos que este diseño y planificación exige un sistema de administración muy serio, pues como dijo Pinheiro Machado (op. cit.), la administración es el “talón de Aquiles” de la producción agroecológica a cualquier escala. Además, y algo que se considera de suma importancia, estos sistemas demandan mano de obra. El campo, y no solo la industria, tiene que generar puestos de trabajo dignos; a diferencia de la agricultura convencional, la agroecología puede revertir la migración rural.

Respecto a esto, una política agropecuaria que fomente la agroecología podría ser, por ejemplo, la de disminuir el impuesto a las ganancias o retenciones al productor en la medida que aumente la contratación de mano de obra permanente.

## **Conclusiones**

---

92- Para más información sobre crianza agroecológica de cerdos, ver el trabajo de Pinheiro Machado Filho *et al.*, op. cit.

- La vida se mantiene con vida. Estimular la biodiversidad mediante prácticas agrícolas limpia, mantiene la fertilidad natural del suelo y el consecuente equilibrio metabólico de las plantas, sumado a un mayor CBC. Esto libera al productor de la dependencia de insumos contaminantes y, al mismo tiempo, genera cosechas equilibradas.
- Es en la combinación de todas las prácticas descriptas donde se obtienen los mejores resultados agroecológicos; lo que no quita que la implementación de, al menos, una de ellas traiga beneficios al productor.
- La planificación y administración son esenciales para la implementación y seguimiento de las técnicas descriptas.

Una vez hecha la propuesta para Jujuy, un productor de nuestra zona presentará las dificultades que pueden surgir para llevar a cabo un sistema de producción agroecológico a gran escala; lo cual resulta ser de suma importancia para poder empezar a solucionar los problemas mediante políticas agropecuarias oportunas que fomenten la agroecología en nuestra provincia. Además, las dificultades técnicas servirán de base para que la investigación local emprenda los estudios pertinentes.

CAPÍTULO 14

**LIMITANTES PARA LA PRODUCCIÓN  
AGROECOLÓGICA EN JUJUY**

Coautor: Ing. Agr. Sebastián Agostini

Sebastián Agostini, junto a su hermano Mauricio y su padre Daniel, mantienen un sistema productivo mixto: 600 ha arrendadas para producción de granos y 272 ha propias, de las cuales 12 son tabacaleras y 260 ganaderas (cría bovina y engorde a corral de vacunos y porcinos).

A continuación, en base al ejemplo hipotético anteriormente visto<sup>93</sup>, analizan las dificultades de llevar a cabo un “manejo agroecológico” en su zona, las cuales se enuncian a continuación y de la siguiente forma<sup>94</sup>:

- *Rotación cultivo/animal:*

Es complicado para el productor de granos meterse en el tema ganado, mejor dicho, integrarlo en el mismo sistema de granos, sobre todo, cuando las tierras están bajo arriendo y no son propias. Los arriendos están muy faltos de infraestructura: no hay alambres, agua ni mucho menos instalaciones ganaderas. Además, *nadie quiere hacer un contrato de arriendo por más de 2 años.*

Un contrato de 2 años no justifica hacer alambres ni otras mejoras, a esto se suma que el 80% de los dueños de las tierras no quieren gastar nada para ningún tipo de arreglo, desean recibir el pago y no tener que gastar en nada, ni siquiera aceptan como pago del arriendo la instalación o reacondicionamiento de los alambres.

---

93- Ver capítulo 13.

94- Este análisis de las dificultades se hará imaginando las reflexiones y consideraciones que, seguramente, harían los Agostini a fin de concretar su objetivo; es decir, en esta parte cederemos la voz a los implicados.

Además, la sola producción de granos en 600 ha arrendadas nos consume casi todo el tiempo, lo que obligaría a contratar mano de obra capacitada, lo que sería algo bueno.

Otro problema, respecto al ganado, son los pastajeros<sup>95</sup>; en verano tienen pastos de sobra, pero en invierno meten los animales (porque no hay alambres o porque abren las tranqueras sin permiso) en los lotes cosechados y a veces recién sembrados, y los animales liquidan la poca cobertura que tratamos de cuidar (ver Imagen N° 37).

Distinto sería tener a un socio o servicio de pastoreo o una cooperativa de pastajeros organizada y responsable que se encargue del 30% de la superficie en recuperación (pasturas), lo que generaría trabajo y mayores ingresos a los pequeños productores.

En nuestro caso, si nos adecuamos al ejemplo de rotación anterior, tendríamos 200 ha de pasturas que rotarían cada 4 años, para que los pastajeros alimenten a sus animales. Pero, para eso, los dueños de las tierras deberían ceder contratos más extensos, mixtos y mantener un mínimo de instalaciones, haría falta, entonces, una organización y dirección, difícil de lograr.

Además, la ganadería que se practique debe ser racional, sino el suelo se compacta, por lo que sería necesario personal capacitado para guiar, por ejemplo, a la cooperativa de pastajeros.

Creo que si esto ocurriría todos nos beneficiaríamos: los productores de granos lograríamos trabajar bajo la “Ley de Fertilidad Creciente” y no tendríamos problemas con la pérdida de cobertura y el posible manejo de CC por introducción no programada de ganado (pastajeros). Los pastajeros tendrían tierras para aumentar su renta y los dueños de las tierras tendrían

---

95- “En Jujuy la actividad ganadera está, en su inmensa mayoría, en manos de pequeños productores ‘pastajeros’ y poseen carencia de infraestructura con mínimos apotreramientos, falta de instalaciones de trabajo, y de capacidad para toma de créditos, entre otros aspectos” (Director Provincial de Desarrollo Ganadero, Giubergia, 2017). Consultado (en línea) el 09/02/2021, en <https://prensa.jujuy.gob.ar/2017/10/01/primeras-jornadas-de-biotecnologia-ganadera>

un suelo con mayor valor, por lo que podrían llegar a sacar mayores beneficios, expresado en la mayor cosecha que trae aparejada una mejora en la fertilidad del suelo (los arriendos se pagan a porcentaje de cosecha). Si los pastajeros son una verdadera preocupación del Estado, podría haber algún tipo de intervención que ayude a la colaboración y organización de todas las partes.

Imagen N° 37: Ganado de pastajeros, introducido en una parcela agrícola arrendada



Nota: Mientras el productor practicaba un barbecho limpio, los animales devoraban la poca cobertura que se intentaba cuidar.

Fuente: Foto del autor, tomada en Severino, Jujuy (Argentina), 2020.

- *Rotación de cultivos:*

La rotación de verano soja/maíz no es una limitante, de hecho, la venimos practicando desde hace tiempo. La mejora en el suelo, comparado con el monocultivo de soja, se observa con facilidad con tan solo esta rotación de verano; sin embargo, para la rotación de invierno trigo/garbanzo, es complicado el tema del mercado. El garbanzo no tiene seguridad en el mercado: el precio es muy fluctuante y no se sabe el precio del producto a vender antes de la siembra; en cambio, con el trigo (la soja y el maíz, también) podemos cerrar contratos a futuro y planificar más tranquilos. Además de esta falta de seguridad, también cuenta con los mismos problemas de la soja, maíz y trigo por estar lejos de los centros de acopio; lo que siempre termina encareciendo el sistema.

También es difícil conseguir semillas de calidad, la fuente de semillas más cercana es Rosario de la Frontera (Salta, Argentina), y se compra la semilla que haya disponible, sin poder ser pretenciosos en cuanto a calidad. Además, la oferta de semillas de calidad se ve comprometida en los años que el garbanzo tiene buen precio. Muy diferente sucede con el trigo, donde la oferta de semillas de calidad es siempre constante.

- *Lote de verano y lote de invierno (implementación de CC):*

Para destinar un lote a cultivo de verano y otro a cultivo de invierno para poder implementar los CC, no se sabe con certeza (aquí en Jujuy), si económicamente se justifica la compra de semillas de CC para voltearlos, en vez de cosecharlos, y sembrar sobre ellos maíz o soja. Es decir, la gran pregunta sería: *¿se justifica el gasto de semillas y siembra de CC con un mayor rendimiento de maíz y soja en la campaña siguiente?* Por ejemplo, un fertilizante foliar para soja nos dejó, la campaña pasada, 400 kg más de soja/ha; de todas maneras, el gasto del producto (era muy caro) y su aplicación no llegó a dar un beneficio económico extra, es decir, salimos hechos. Esto no justifica su uso. Ahora bien, si el CC en el primer año no deja beneficio, pero tampoco pérdidas, y a partir del segundo año

empieza a dejar un beneficio extra y creciente año a año, podría ser utilizado. Pero ya se vencería el contrato de arriendo de 2 años. Arriesgarnos a mejorar el suelo destinando lotes de verano y lotes de invierno para hacer CC, para que luego no podamos recuperar lo invertido en la mejora del suelo, no es nada alentador.

Además, en el Norte argentino, muchas de las semillas propuestas para el CC de invierno (centeno, avena negra) y verano (mucuna) no se consiguen con facilidad, mucho menos en Jujuy.

Otro problema son los servicios, por ejemplo: *¿cómo hacemos para traer un avión de siembra aquí, a Jujuy?* En general, al haber tan poca superficie, a un servicio de labor no le conviene venir al Norte; en consecuencia, aquí, en Jujuy, los servicios de siembra, cosecha y aplicación son acotados. Esto significa que nunca se puede cosechar, sembrar y aplicar en los momentos óptimos, lo que dificulta sembrar un CC inmediatamente luego de la cosecha, ni hablar de traer un avión para sembrar CC sobre maíz previo a su cosecha.

- *Mano de obra calificada:*

Culturalmente, es difícil conseguir en el Norte mano de obra calificada, responsable y comprometida. Para dar un ejemplo, para la siembra 2019/20, contratamos 3 trabajadores de Pichanal (Salta) y, antes de pagarles el pasaje a Jujuy, les anticipamos que íbamos a darles de alta en AFIP para no tener problemas. Sin embargo, a pesar de haber accedido, cuando llegaron ninguno quiso darnos el DNI para la transacción legal, porque si les dábamos de alta les quitaban las asignaciones universales (subsidios). Esto complica todo, porque nos pueden multar por tener mano de obra trabajando sin estar de alta en AFIP. *¿Qué íbamos a hacer? ¿Atrasar la siembra (que se paga con mermas de cosechas) para buscar otros trabajadores o arriesgarnos a la multa?* Al día siguiente, cuando los fuimos a buscar para comenzar la siembra, se fueron sin avisar, y se llevaron la mercadería que les habíamos comprado para la

campana. De la misma manera, no se consigue un buen maquinista, un buen tractorista y sobre todo responsables.

El robo es otro tema interminable, parece mentira que tengamos que invertir tanta plata en sistemas de seguridad para poder trabajar tranquilos; una bomba de riego termina saliendo más del doble por necesidad de invertir en una casilla de seguridad con puertas, rejas, candados, doble cerraduras, etc.; más el costo que significa transportar maquinarias de un lado a otro, por no poder dejarlas en el campo donde se está trabajando sin que la desarmen y se lleven todo en una noche.

De esta manera, las principales problemáticas para la implementación de la Agroecología en Jujuy (y de la agricultura, en general, cuando se trata de pequeños y medianos productores) fueron consideradas. Y todas estas cuestiones son algo que resulta de vital necesidad para entender que los productores no tienen malas intenciones; simplemente, no pueden, por sí solos, manipular todo un sistema para adaptarlo al “nuevo” paradigma.

Hay que decir que la implementación de la Agroecología en Jujuy traería mejores condiciones de trabajo a la gente que vive en el campo (pastajeros) y, a su vez, a los productores que arriendan, a los respectivos dueños de las tierras y a las personas que viven en zonas rurales (por menor deriva de agrotóxicos). Pero también hay que entender que, para esto, se necesita de intervención Estatal, para la organización, dirección y capacitación de las partes, como ocurrió, por ejemplo, para el cultivo convencional de soja en la década del 70 y para el engorde a corral en el 2007<sup>96</sup>.

Otras debilidades que debemos remarcar es la falta de investigación. *¿Por qué el productor debe afrontar “la prueba de nuevas técnicas” si existen instituciones estatales encargadas de ello?* El productor necesita más certeza en la validez de las técnicas limpias de producción, recordemos que estas concuerdan con las obligaciones del Estado, redactadas en el artículo 41 de nuestra Constitución Nacional. Respecto a esto, es conveniente dar un ejemplo: en Colonia Caroya (Córdoba, Argentina), se aprobó este año (2020) una ordenanza para el reordenamiento territorial hasta el 2050, donde se

---

96- Ver Consideraciones finales, en págs. 365.

detalla que en las tierras periurbanas (10.000 ha, aproximadamente) solo se podrá producir bajo manejo ecológico. Ahora bien, antes de aprobarse esta ordenanza, el municipio de Colonia Caroya financió un grupo de 10 profesionales (Grupo TIERE) para que estudiaran la forma de producir ecológicamente a gran escala y su validez económica, lo que se consiguió en una sola campaña<sup>97</sup>. Queda claro que “cuando se quiere, se puede”.

Con respecto a la dificultad de la rotación de invierno, se podría evaluar la implementación de otro cultivo de invierno para rotar con el trigo, de modo que no se limite únicamente al garbanzo. También se podría incluir en la planificación de rotaciones el cultivo de poroto, el cual es muy producido en el Norte argentino.

En cuanto a la falta de maquinaria y servicios, recordemos que Jujuy cuenta con pistas necesarias para mantener servicios de siembra aérea. Los productores podrían ser animados a reunirse en cooperativas y comprar maquinarias necesarias y semillas.

En definitiva, ya que los problemas se hicieron para ser resueltos, *entendamos que la Agroecología más que una propuesta, es una necesidad.*

---

97- Ver el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 15

**GRUPO TIERE: EJEMPLO  
AGROECOLÓGICO DE CULTIVOS  
EXTENSIVOS**

“Tiere” significa *suelo* en lengua friulana, hablada por los primeros colonos de Colonia Caroya (Córdoba, Argentina).

La Municipalidad de Colonia Caroya busca fomentar la producción agroecológica en el ejido rural, para reducir las aplicaciones de pesticidas que derivan hacia el pueblo. De esta manera, en el año 2019 se forma un grupo de 10 ingenieros agrónomos que, apadrinados por la Sociedad Rural de Jesús María, trabajan en la producción agroecológica, generando alternativas productivas, económicas, ambientales y socialmente sustentables para toda la región. En la actualidad cuentan con 500 ha agrícolas y 3400 ha ganaderas en distintas zonas, y todos los lotes tienen entre una a dos campañas de transición. Los objetivos del Grupo son:

- Llevar adelante diferentes manejos acordes a las decisiones y objetivos puntuales de cada productor, evaluando diferentes alternativas de manejos agroecológicos.
- En cada uno de estos lotes modelos, trabajar el plan de acción en conjunto con el grupo y la presentación de resultados a través de análisis de campaña.
- Lograr puntos de ensayos y vinculación de los programas específicos con diferentes empresas privadas.
- Concretar lotes para la realización de jornadas abiertas.
- Lograr indicadores: en los lotes se van a ir llevando, de manera conjunta, la medición de indicadores comunes (convenio INTA) para ir evaluando las mejoras de este tipo de manejo. Los indicadores a evaluar son de índices ecológicos, económicos y sociales.

Asimismo, el conjunto de reglas que consideran básicas para su actividad son:

- *Realización de diseño de lotes:* corredores biológicos, espacios multifuncionales.
- *Incorporación de mayor biodiversidad:* tanto a nivel de suelo como en zona aérea, a través de policultivos, cultivos consociados, intercultivos, especies espontáneas.
- *Disminución del tiempo de suelo improductivo:* uso de cultivos de servicios.
- *Incrementación de manera gradual la producción total de biomasa en el sistema,* tanto aérea como subterránea.
- *Evaluación de alternativas de cultivos en la rotación.*
- Evaluación de alternativas de mercado y de valor agregado local.
- *Obtención de conocimiento e información sobre bioinsumos disponibles y su forma de uso.*
- Monitoreo del ambiente y de formas de volver a la agroecología.
- Aplicaciones preventivas y no curativas.
- Selección de cultivares.
- *Disponibilidad de maquinarias para diferentes labores:* rolo faca, reja plana, etc.
- *Disminución progresiva del uso de agroquímicos,* comenzando por los más tóxicos.
- *Integración de la producción de cultivos y la producción ganadera.*

Para realizar un diagnóstico holístico de las fincas en transición y llevar un monitoreo de la evolución, el Grupo TIERE utiliza indicadores Ecológicos, Económicos y Sociales (ver Tabla N° 34).

Tabla N° 34: Indicadores ecológicos, económicos y sociales del Grupo TIERE

Nota: \*Un indicador que no se menciona en el cuadro, pero que, de seguro, es observado por los profesionales de Grupo TIERE, es la *cobertura del suelo*. \*\*Otro indicador interesante de eficiencia energética podría ser *consumo de energía fósil/kg de producto*.

Puntos clave y criterios a evaluar		Indicador	
Dimensión Ecológica	Suelo*	Aspectos físicos/químicos de la calidad del suelo	MO % (0-20cm) DAP - porosidad pH
		Microbiología del suelo	Carbono Remanente Microbiano Enzimas Microbianas Grupos funcionales
		Morfología del suelo	Actinópodos terrestres, enquistados
		Estrategia de manejo	
		Biodiversidad	Diversidad Prefectiva
		Diversidad Funcional	Corredores Biológicos Arboles
		Huella Ciclo de vida	Análisis de huella de carbono del agua, eficiencia energética etc. Huella de carbono, agua y energía acumulada
	Dimensión Económica	Rendimiento	kg/ha y kg animal
		Rendimiento en Grano Libre de Costo	kg/ha
		Margen Monetizado	Margen Bruto
Rotura Invernal		US\$ ganado/US\$ invertido	
Eficiencia uso de los insumos		kg grano/kg de herbicida	
Eficiencia Energética**			
Costos de comercialización		Variable categórica	
Valor Agregado		Total producción transformada/Producción total	
Dependencia de Insumos Externos	Nº de insumos utilizados % semillas propias semillas totales		
Dimensión Social	Existencia o no de vínculos, como procesos socio organizativos para la producción y transformación: -Articulación con proyectos de desarrollo local. -Vinculación con distintos sectores y/o organizaciones	Variable categórica	
	Frecuencia de asesoramiento (demanda hacia el método de asesoramiento)	Variable categórica	
	Vinculación con productores	Variable categórica	
	Participación de la mujer (profesionales sobre el total)	% Participación de profesionales mujeres de la explotación agropecuaria total de Profesionales de la explotación agropecuaria	
	Visitas de intercambio y jornadas (como resultado a las jornadas de la Experimental)	Variable categórica	

Fuente: Grupo TIERE, 2019.

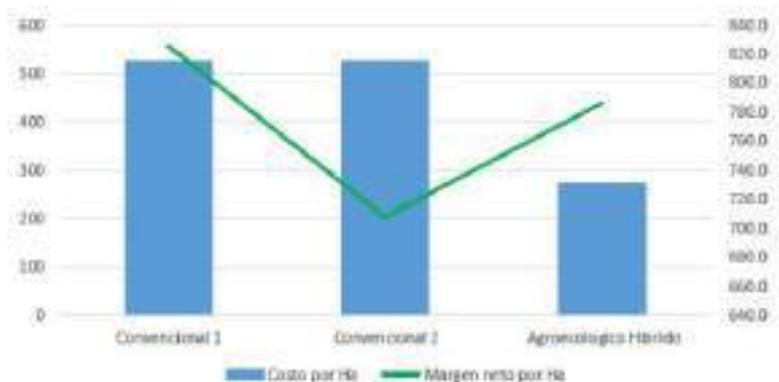
A pesar de la reciente consolidación del grupo, en los Gráficos N° 29 y 30<sup>98</sup> podemos apreciar algunos de sus resultados.

Gráfico N° 29: Comparativo entre Tipos de Manejo, Rendimiento y Margen Neto



Fuente: ibíd.

Gráfico N° 30: Comparativo de Costos y Márgenes con Distintos Manejos

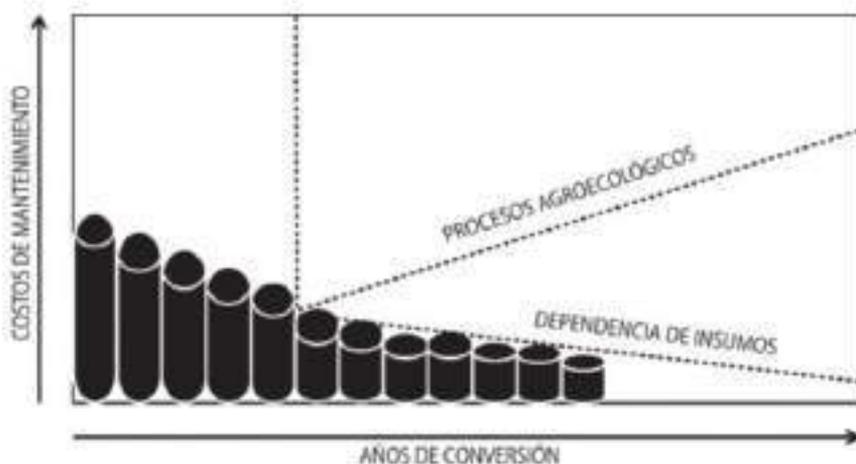


Fuente: ibíd.

98- En ambos gráficos, Convencional 1 y 2 corresponden a dos sistemas convencionales diferentes (distintos establecimientos) que se compararon con un sistema agroecológico híbrido, es decir, que utilizó semillas híbridas (no transgénicas). En los tres sistemas se produjo maíz y las unidades de los gráficos son: kg/ha para Rendimiento y US\$/ha para Margen Neto y Costo.

Económicamente, vemos que el Manejo Convencional 2 tiene un margen neto 2,25 veces inferior al Manejo Agroecológico. Comparado con el Manejo Convencional 1, el Agroecológico redujo su rendimiento 1,3 veces; pero, a la vez, redujo los costos de producción 1,96 veces, quedando así un margen neto muy agradable si no se pierde de vista que la recuperación del suelo no ocurre de un año para el otro, y que demora más cuando no se utiliza materia orgánica de origen animal. Además, a medida que los procesos agroecológicos descritos en el texto se vayan recuperando, la fertilidad irá aumentando los rendimientos (“Ley de Fertilidad Creciente”) (ver Gráfico N° 31), mientras que la “Ley de Fertilidad Decreciente” irá devorando los sistemas Convencionales 1 y 2. También, al tener menores costos de producción (indiferente de un mayor o menor margen neto), el Sistema Agroecológico tiene una resiliencia económica mayor, debido a que la reducción del costo proporciona una mayor seguridad ante eventos inesperados (climas extremos, fuego, robo, etc.).

Gráfico N° 31: Proceso de Transición hacia la Agroecología



Fuente: Rosset y Altieri, 2018.

No perdamos de vista que lo más importante es la salud humana, la cual se verá beneficiada por la reducción del uso de insumos industriales (pesticidas y fertilizantes químicos) y, por lo tanto, de la contaminación ambiental, a lo que se le suma la mayor calidad biológica del producto final.

Otro ejemplo sobre la mejora del margen de ganancia que obtienen los sistemas agroecológicos (a cualquier escala) lo tenemos en el trabajo realizado por profesionales del INTA en la Pampa argentina (Virginia *et al.*, 2018), quienes trabajaron con cultivos extensivos y encontraron que:

El margen bruto acumulado en el sistema agroecológico (AT) fue un 120% mayor que en el modelo industrial (IA). Esto significó casi 1200 dólares ha<sup>-1</sup> más para el sistema AT (130 dólares ha<sup>-1</sup> por cada cultivo, en promedio). Esto muestra que los sistemas productivos basados en principios agroecológicos pueden ser tan rentables como la agricultura industrial actual o más rentable que ésta.

Estos trabajos que se vienen realizando en el sur y centro del país son un gran estímulo para los que apostamos por una agricultura ética. Estas iniciativas deberían ser tomadas por todas las sedes del INTA en el Norte argentino, pues tienen el deber de preservar los recursos naturales, entre ellos el suelo (Ley N° 21.680/56). Aprovechamos esta oportunidad para mencionar, también, una institución jujeña que lleva más de 15 años desarrollando tecnologías agroecológicas para apoyar a los pequeños productores en camino de transición hacia la agroecología, se trata del Centro de Estudios para el Desarrollo de la Agricultura Familiar (CEDAF). Además, deseamos felicitar a todos aquellos profesionales del INTA en las sedes del Norte argentino que se mantuvieron firmes y constantes en estudiar y promover el desarrollo rural a través de la agroecología. Así también felicitamos y agradecemos a los profesionales del Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar Región NOA (IPAF), que apuestan por un verdadero desarrollo rural.

Este capítulo finaliza con las palabras de uno de los integrantes del Grupo TIERE, el Ingeniero Agrónomo José Fortunato<sup>99</sup>:

---

99- “Oriundo de Jujuy, Ing. Agr. por la FCA-UNC, egresado de 1981. Desde 1984, ya radicado en Jesús María, desarrollé mi trabajo profesional asesorando productores de la zona Norte de Córdoba, compartiendo con ellos sus vicisitudes y trabajo. Trabajé tres años en el INTA y luego desde la actividad privada en CREA, Cambio Rural y otros. Me desarrollé también en tareas de conservación y mapeo de suelos; consultoría Ambiental en Bosque Nativo y como productor ganadero y agrícola. Actualmente integro Grupo TIERE -Investigación y desarrollo para la Agroecología-” (datos autobiográficos aportados por el Ing. Ag. Fortunato).

## **El porqué de un cambio**

En la década de los ochenta, el norte de Córdoba era la frontera agropecuaria, una zona de extramuros, un ecotono cultural entre la Argentina del inmigrante y la Argentina Latinoamericana. Un área de un millón de hectáreas mayormente cubierta por bosque chaqueño, con zonas desmontadas para la ganadería extensiva y solo una pequeña fracción destinada a la agricultura, con 5.000 has de soja y 160.000 has de maíz, sembrada en un 50 % con semilla hija de híbrido destinado a un doble propósito: el agrícola/ganadero, si el año era bueno se cosechaba y si no, se destinaba a engordar el ganado (AER INTA Jesús María, 1984).

Zona con suelos en su mayoría de Clase IV en el límite inferior de la capacidad agrícola, de texturas limosa a franco limosas, con lluvias erráticas -en unos años se parecía a la pampa húmeda y en otros el oeste árido de Córdoba- y con una tecnología disponible de labranza que no aseguraba una eficiencia en la infiltración y almacenaje de agua en el suelo, lo que hacía muy azaroso el logro de buenas cosechas; sumado a esto, los bajos precios de los granos (maíz USD \$80 /tn y soja USD \$135 /tn), más la presencia de especies forrajeras -malezas- para la agricultura como el sorgo negro o de Alepo, y problemas de encostramiento superficial del suelo y erosión hídrica, no eran incentivo para un desarrollo agrícola.

En 1991 -luego de un estimado de 10.000 años en los que el hombre labró el suelo- llegó la siembra directa y las tecnologías basadas en insumos, por lo que, no se raro más. Llegó para quedarse y dar vuelta las cosas de lugar. Llegó para ponerle techo al suelo con el rastrojo y no paredes al suelo (terrazas) como decía un grande de la conservación, el Ing. Jorge Molina en su obra “El hombre frente a la Pampa”.

Descubrimos el valor del rastrojo, de la cobertura, de las rotaciones, y que el suelo tenía poros. Empezamos a medir el agua en el suelo, a decidir retrasar una siembra en base a ello o no. Aprendimos a calcular el balance de carbono de una rotación (pero no siempre a respetarlo), a medir la tasa de mineralización de la materia orgánica y tantas otras cosas más. Casi treinta años pasaron desde que se implementó la

Siembra Directa, y ya hay una generación de productores y técnicos jóvenes que no conoce otro sistema de labranza.

Pasado unos años, llegaron al país los cultivos transgénicos, los equipos de riego y los precios agrícolas de la expansión de la economía China. La agricultura dio un salto impensado, con suelos casi vírgenes, esponjosos, donde cada milímetro de lluvia quedaba en él, con pasturas añosas que pasaron a la agricultura de siembra directa. Mientras, en la ganadería solo teníamos los precios del mercado interno. No hace falta decir las diferencias de rentabilidad por superficie de una y otra actividad. Llevó esto a que se la fuera desplazando a zonas marginales produciendo así grandes cambios en el paisaje en el que ya no se veían vacunos pastando, sino solamente terneros engordando hacinados en un corral. A pesar de esta coyuntura puedo rescatar un productor que tenía en su campo un sistema de ganadería pastoril, de ciclo completo, con producciones estables de 400 kg de carne/ha ganadera, con gastos directos que variaban entre el 30 y 40 % de esa producción. Eso significa un margen bruto expresado en kilos de carne entre 240 y 270 kg de carne/ha.

Algunos productores sacaron las isletas de monte porque les molestaban y levantaron alambrados agrandando los lotes de producción. Lo más grave fue que perdimos mucha gente de campo, perdimos la cultura del ser y estar en el campo. La gente se fue a los pueblos y no quedaron ni las gallinas.

El paisaje rural se hizo uno, y solo uno; donde antes había diversidad solo se podía ver soja y maíz (con suerte en invierno si quedaba reserva de agua en el suelo algún sembradío de trigo o garbanzo), además de algunos corrales de engorde. Y junto a ese paisaje homogéneo llegó también el “piloto automático” por lo cómodo y lo rutinario de un sistema basado en la dependencia de insumos y mínimos procesos de valor. Bastaba guardar 100 kg de soja y comprar seis litros de glifosato para una hectárea y la rueda seguía girando... la sensación era la de estar en una piscina haciendo la plancha. La simplificación del sistema llegó a un punto que además de incluir el uso de semilla de soja resistente a glifosato, se le sumó el de maíces

resistentes también a este herbicida. Sencillamente patético. Y ahí fue cuando definitivamente nos pusimos anteojeras.

Seguimos con el mismo sistema, apostando como lo fue siempre: que los problemas de una tecnología se solucionan con nuevas tecnologías y que en el fondo vamos cambiando los problemas a resolver en nuestra evolución como seres humanos.

Muchos otros incorporaron la Agricultura de precisión para hacer más eficiente el uso de esos insumos y bajar así el costo ambiental y económico. Aparecieron malezas e insectos resistentes al control habitual con agroquímicos -generando un aumento de los costos de producción- y reclamos ciudadanos por el uso cada vez mayor de agroquímicos.

Mapas de suelos realizados recientemente en esta zona por nuestra consultora, encontró compactaciones superficiales por falta de cobertura de rastrojo, con estructuras laminares que dificultan el ingreso del agua de lluvia y compactaciones subsuperficiales a los 10 cm producto del tránsito de maquinarias.

Varios análisis de la velocidad de infiltración básica dieron valores de 30 mm/hora, contra 80 mm/hora en suelo virgen bajo monte. Como ejemplo: si llovieran 80 mm en una hora solo infiltrarían 30 mm, los otros 50 mm se perderían por escurrimiento ¿Cuánto vale ese milímetro de lluvia que es gratis, que no infiltra, escurre y termina erosionando los suelos y cortando caminos? ¿Qué valor tiene una sistematización con terrazas si no solucionamos la causa de la poca infiltración? Y allí algunos empezamos a pensar que necesitábamos corregir las cosas.

Empezamos a hacer un diagnóstico profundo de la situación, a medir y demostrar lo que sospechábamos, por ejemplo: que el balance de carbono fue descuidado y por ende nuestra rotación no alcanzó y los suelos perdieron materia orgánica, porosidad, cobertura, etc.; que nos dedicamos a medir y reponer solamente los macronutrientes del suelo, siendo que cada cultivo extrae muchos otros más que hacen a la riqueza de los alimentos producidos y que se encuentran en la materia orgánica; que la materia orgánica hay que generarla con las

rotaciones, con pasturas, con abonos verdes (cultivos de cobertura) o desparramando estiércol curado de corral en las chacras; y por último, que el aporte más valioso de materia orgánica al suelo es el de las raíces.

Conocimos además el efecto negativo de los residuos químicos sobre la diversidad de la vida del suelo, como las micorrizas.

Aparecieron entonces los cultivos de cobertura para el control de las malezas resistentes y este fue el punto de re-encuentro con otro modelo de producción, “el viejo modelo”, el anterior a la revolución verde iniciada en los años 70 (en Argentina), el que respetaba los ciclos naturales, el diversificado, mixto, armónico, diverso, el que exige observar, pensar y decidir constantemente, el que construye la fertilidad del suelo con años de pasturas y luego la consume con la agricultura de labranza. Pero, este viejo sistema se dejó de lado por el daño colateral de la labranza al suelo como son la emisión de carbono a la atmósfera, la destrucción de las formas de vida del suelo, la pérdida de agua y desencadenar problemas de erosión hídrica, además del uso de intensivo de combustible fósiles.

Nos llegó la hora de barajar y dar de nuevo. Por suerte, los avances en el conocimiento de la biología de suelo logrados en los últimos 10 años fueron de una magnitud impensada. Durante años la visión que se tenía sobre el suelo era de tipo geológica y química, y hoy sabemos que debe primar una visión holística donde la fracción más pequeña, la biológica, tiene un efecto superlativo en los resultados de la producción agropecuaria general. Frente a esto, el gran desafío es combinar las virtudes de ambos sistemas, manteniendo la siembra directa, pero reduciendo y eliminando insumos, avanzando con un sistema de procesos acorde al medio y recuperando la biodiversidad perdida.

Llegó el momento de reconocer las condiciones físicas y biológicas actuales de los suelos (aparte de su condición geológica “per se”) sumando a los análisis químicos, los físicos -que nos indiquen cuan poroso está el suelo y cuánta agua puede infiltrar-, y los biológicos -que nos diga cuantas lombrices hay por superficie-, como un gran resumen

de la vida y fertilidad del suelo; de diseñar nuevos manejos en el control de malezas, valorando el poder de la sombra, la alelopatías de los cultivos de cobertura, sin desperdiciar el uso del agua remanente en el suelo; de un nuevo manejo en el control de plagas basado en la biodiversidad; y por último, de recrear los corredores biológicos naturales para el mantenimiento de los insectos benéficos, de los predadores, combinado con el uso del control biológico de plagas y enfermedades.

También, debemos pensar en cómo aumentar la biodiversidad del sistema y cómo remediar la escasez de bosque nativo con forestación de corredores biológicos que integren zonalmente los remanentes existentes. A retomar el sistema mixto recreando la ganadería pastoril, que en el fondo es fomentar el arraigo, la cultura rural, y ocupar efectivamente nuestro el territorio.

*Aunque a veces lo olvidemos el futuro depende de nosotros, y que, a mi entender, los sistemas son virtuosos cuando se los evalúa constantemente y se hacen las correcciones necesarias para lograr el bien común. No escapa a este concepto nuestro sistema vida y de gobierno.*

En uno de mis recorridas de trabajo allá por el año 1997, fuimos con un productor a ver su campo, en Villa del Totoral. Allí nos encontramos con Don Gregorio Quevedo, un criollo solitario que vivía desde siempre allí, conocedor del ganado, trabajador incansable y empleado fiel. Al atardecer previo a nuestra partida fuimos hasta su puesto para despedirnos de él. Nos recibió muy cordial y respetuoso e inmediatamente nos invitó a visitar "la casita del bien". Con gran curiosidad le dijimos que sí y fuimos caminando juntos hasta a una isleta de monte; allí Don Gregorio había dispuesto de unos troncos a modo de bancos y nos invitó a tomar asiento, en silencio por unos quince minutos y en contemplación absoluta, nos quedamos allí. Pasado ese tiempo y con cierto asombro, nos despedimos y regresamos al pueblo comentando la ocurrencia de este personaje.

Tiempo después mi trabajo me llevó al Chaco Boliviano en donde conocí las costumbres de los Aba Guaraní; allí me enteré del llamado "Candire", la tierra sin mal. La tierra donde las cosas y los seres están

en equilibrio, en el clímax, lleno de frutos y animales para subsistir y estar con paz interior. Inmediatamente lo asocie con Don Quevedo: *la casita del bien y la tierra sin mal son la misma unidad de equilibrio de vida* ¿Cómo se conectan estas dos culturas distantes en lo geográfico, pero donde prima la transmisión oral entre generaciones? Las pocas crónicas históricas sobre el tema afirman que, aproximadamente en el siglo XIII hasta el XVI se produjeron migraciones del pueblo guaraní hacia el oeste y sur oeste en búsqueda del “Candire”. Es probable que los Sanavirones, cuyo culto era de origen amazónico y no andino, sean producto de esas migraciones. Son reductos culturales que dan vida a esta transmisión oral que llega hasta nuestros días.

En 2006 en una charla sobre sustentabilidad y mientras resumía el cambio a realizar, utilicé un viejo adagio español usado por del Ing. Gonzalo Ruiz Sempere -mi alter ego de joven- el sonriendo lo enunciaba: “Labra profundo, tira basura y cágate en los libros de agricultura”, con mi visión actualizada propuse cambiarlo a: *No ares el suelo, atesora basura, investiga y escribe tu propio libro de agricultura.*

Para finalizar, ¡seamos capaces de cambiar para construir nuestro *candire!!!*

Ing. José Luis Fortunato

Jesús María, mayo de 2020<sup>100</sup>

---

100- El texto citado fue escrito y aportado por el Ing. Fortunato, exclusivamente, para la realización del presente capítulo, a quien agradecemos su gentileza.

CAPÍTULO 16

**CULTIVOS INTENSIVOS: EJEMPLOS  
DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN  
AGROECOLÓGICOS**

En los cultivos intensivos se facilita la aplicación de los pilares fundamentales, debido a la mayor intensificación del manejo. Esto último abre una inmensa diversidad de técnicas de cultivo que pueden aplicarse en la producción agroecológica. Muchas de las cuales están poco y hasta, absolutamente, nada estudiadas en nuestra zona.

A pesar de este atraso de la investigación local sobre prácticas agroecológicas, existen casos puntuales donde es el mismo productor el que se atreve a probar cosas nuevas; muchas veces obligado por lo insostenible de las prácticas convencionales de manejo. Por ejemplo, hace 7 años, en Colonia Santa Rosa (Salta, Argentina), un productor de tomate dio en alquiler sus tierras a un precio bajo debido a la imposibilidad de seguir produciendo, las prácticas convencionales de manejo le hicieron tocar fondo. Las tierras fueron tomadas en arriendo por dos ingenieros agrónomos, los socios Joaquín Fernández de Ullivarri y Juan García, quienes, en dos años y gracias a la aplicación de algunos pilares agroecológicos, lograron una producción rentable de tomates y otras hortalizas. En resumen, su sistema hortícola “*La Selvita SRL*”, se basa en:

- *Remoción mínima de suelo*: inicialmente arman los bordos de plantación, pero en los años siguientes solo se limitan a abrir el bordo para incorporar materia orgánica.
- *Utilización de cobertura*: el bordo se cubre con plástico y el entre bordo con una pastura que crece y se corta todo el año (ver Imágenes N° 3 y 4<sup>101</sup>; 38 y 39).

---

101- Ver capítulo 5.

- *Humedad permanente:* por más que no sea época de cultivo, el suelo siempre se mantiene con humedad adecuada, evitando su desecación y consecuente aletargo biológico.
- *Aplicación generosa de materia orgánica de origen animal y vegetal.*
- Entre otras, técnicas preventivas para el manejo de plagas, por ejemplo, marco de plantación más amplio para evitar la humedad excesiva de la parte aérea; colocación de tutores previo al trasplante para evitar la ruptura innecesaria de raíces.

Imagen N° 38: Cultivo de tomate bajo prácticas sustentables de manejo (La Selvita SRL)



Fuente: Extraída del Trabajo de Pasantía, con informe final, de Santiago Checa (actualmente en prensa- FCA-UNJu, 2020).

Imagen N° 39: Cultivo de zapallito bajo prácticas sustentables de manejo (La Selvita SRL)



Nota: En ambas imágenes (38 y 39), el entre bordo está cubierto con *Brachiaria spp.* (con un corte reciente).

Fuente: Brindada por la empresa *La Selvita SRL*, Salta, 2019.

El pasto *Brachiaria spp* es una gramínea cuyas semillas son costosas y no pueden ser multiplicadas por el mismo agricultor, es decir, deben comprarse siempre. Teniendo en cuenta la gran variedad de pasturas nativas que se pueden encontrar de forma natural en nuestros suelos, solo dejando al entre bordo iniciar su sucesión natural y con un mínimo de manejo, el productor puede cubrir su entre bordo con una pastura que no le costó comprar ni sembrar (solamente cortar). Se menciona esto porque es fundamental que los pequeños productores, de menor capacidad adquisitiva, también puedan aplicar esta técnica de cobertura verde en sus fincas, sumándose así al secuestro de carbono atmosférico que nuestro planeta necesita.

El armado inicial de bordos es muy destructivo para el suelo (por eso se arman una sola vez y para siempre, según el manejo), cuando este inicia su sucesión, las primeras plantas en aparecer son, en su mayoría, hojas anchas (raíz pivotante fuerte) de rápido crecimiento y cobertura (verdolaga, quenopodiáceas, amarantáceas). La utilización del herbicida 2,4 D (para matar las hojas anchas y dejar solo el pasto), como ya vimos, puede desequilibrar el cultivo y volverlo más susceptibles al ataque de

patógenos y artrópodos fitófagos; por lo tanto, las hojas anchas no se matan con herbicidas, sino que se cortan antes de su fructificación; de esta manera, luego de uno o dos cortes, las gramíneas nativas empiezan a ganar terreno (Ver Imágenes N° 40 y 41).

Imagen N° 40: Cultivo de pimiento en su primer año de manejo sustentable



Nota: Luego de implantado el cultivo, se observa el rápido crecimiento de plantas espontáneas de hoja ancha.

Fuente: Foto del autor, tomada en El Pongo, Jujuy, noviembre 2020.

Imagen N° 41: Cultivo de pimiento<sup>102</sup> luego de dos cortes en el entre bordo



Nota: Se observa que, en dos meses y con solo dos cortes, empiezan a dominar las gramíneas nativas.

Fuente: Foto del autor, tomada en El Pongo, Jujuy, enero 2021.

Si comparamos el sistema productivo *La Selvita* SRL con el del pequeño productor de las Imágenes N° 40 y 41, este último cubrió su entre bordo a un menor costo y lo hizo con una cobertura diversa, aprovechando los beneficios de la diversidad en un sistema productivo.

Santiago Checa, productor fruti-hortícola y estudiante avanzado de agronomía de nuestra facultad (FCA-UNJu), realizó un análisis comparativo entre el sistema de los socios de Colonia Santa Rosa y el de sus vecinos convencionales. Para ello, analizó densidad aparente (Dap), porosidad, contenido de MOS y el consecuente comportamiento radicular, entre un vecino convencional y dos parcelas bajo el manejo de Joaquín y Juan: una con 2 y otra con 6 años de manejo sustentable. Los resultados reflejan con claridad que en *La Selvita* SRL se trabaja bajo la “Ley de Fertilidad Creciente” (ver Gráficos N° 32, 33 y 34).

---

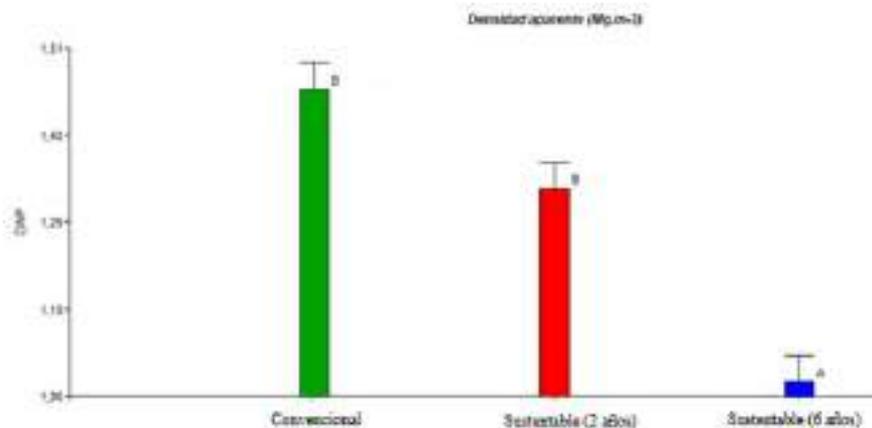
102- Es el mismo cultivo de pimiento que aparece en la Imagen N° 40, antes vista.

Gráfico N° 32: Porcentaje de MOS en dos Sistemas de Manejos Distintos: Convencional y Sustentable (este último con 2 y 6 años de antigüedad)



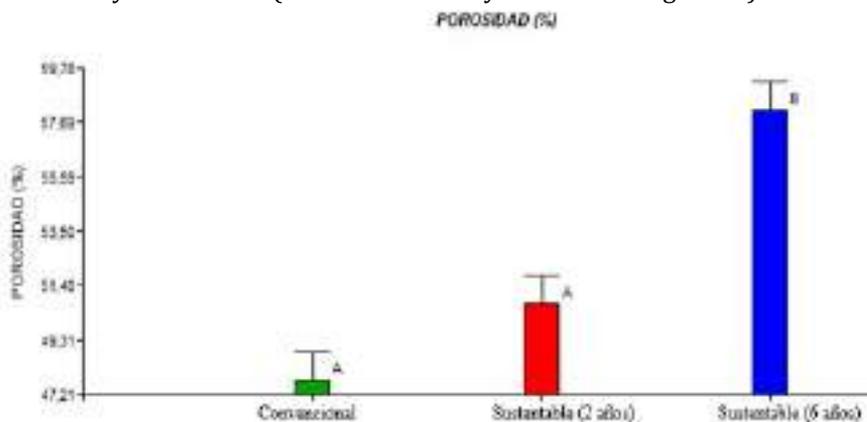
Fuente: Extraída del Trabajo de Pasantía, con informe final, de Santiago Checa (actualmente en prensa- FCA-UNJu, 2020).

Gráfico N° 33: Densidad Aparente ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en Dos Sistemas de Manejos Distintos: Convencional y Sustentable (este último con 2 y 6 años de antigüedad)



Fuente: ibíd.

Gráfico N° 34: Porosidad (%) en Dos Sistemas de Manejos Distintos: Convencional y Sustentable (este último con 2 y 6 años de antigüedad)



Fuente: ibíd.

Después de estos resultados, es fácil suponer que el sistema sustentable proporciona a la planta un suelo con propiedades que le facilitan el crecimiento radicular, lo cual se ve reflejado en la Imagen N° 42, donde las raíces de las plantas de tomates tuvieron un desarrollo notoriamente superior con manejo sustentable.

Imagen N° 42: Crecimiento radicular de dos manejos distintos: Convencional y Sustentable (con 2 y 6 años de antigüedad)



Nota: T3: Convencional; T1: Sustentable (6 años); T2: Sustentable (2 años).

Fuente: ibíd.

Además, destaca Checa en su informe, “las plantas de los tratamientos sustentables presentaban una gran cantidad de raicillas bien distribuidas y una gran cantidad de pelos radicales muy importantes en la absorción de agua y nutrientes” (ibíd.).

En la actualidad, Joaquín y Juan mantienen aproximadamente más de 100 hectáreas, en su mayoría alquiladas<sup>103</sup> donde producen hortalizas (tomate, pimiento, berenjena, chaucha, choclo, zapallito, etc.) bajo la “Ley de Fertilidad Creciente”, lo que les permite ser rentables sin la necesidad de certificar sus productos para obtener un mejor precio.

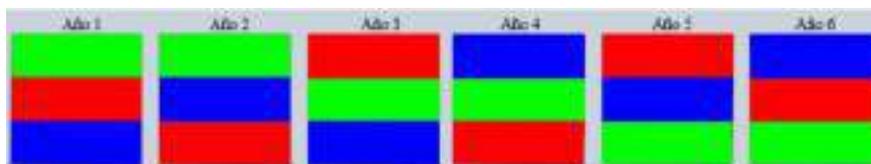
Si bien su sistema no eliminó aún la dependencia de pesticidas, gracias a la preparación técnica y conciencia ambiental de Joaquín y Juan, su utilización entra en lo racional (productos permitidos, de bajo impacto y respetando tiempos de aplicación y carencia).

Se podrían seguir aplicando algunos pilares agroecológicos a su sistema para bajar aún más el uso de insumos. Por ejemplo, y primero que nada, se podría iniciar un trabajo de selección de hortalizas adaptadas a su zona y manejo que, como hemos visto, es de vital importancia para favorecer el equilibrio metabólico de las plantas y aumentar así su resiliencia ambiental. Otra decisión necesaria, para depender menos de pesticidas, consiste en reemplazar las sales fertilizantes, que desequilibran a las plantas y atraen las plagas, por una fertilización orgánica (aumentar la cantidad de MO de base y utilizar productos bajo formas no salinas). Además, se podría aumentar la biodiversidad mediante el diseño de un plan de rotación de cultivos. Por ejemplo, como explica Escrivá (2015), las hortalizas pueden rotarse según su demanda de nutrientes: donde se cultivaron especies muy consumidoras (tomate, pimiento, berenjena, zapallo) deben plantarse especies con menores requerimientos (cebolla, ajo, lechuga, espinaca, rabanito, zanahoria, remolacha). Y, finalmente, antes de volver a plantar altas consumidoras, se podrían cultivar especies reponedoras (habas, arvejas). A este esquema de rotación propuesto por Escrivá (ibíd.), lo modificaríamos de la siguiente manera (ver Esquema N° 19).

---

103- Hacer un manejo agrícola ético no solo es posible para los productores que son dueños de las tierras donde producen.

Esquema N° 19: Esquema de Rotación propuesto para el Sistema Hortícola La Selvita SRL



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Según el esquema, un tercio de la superficie se destinaría a recuperación, es decir, dos años de pastura y animales (superficie color verde). Otro tercio se utilizaría para cultivos de alta exigencia nutricional (superficie color rojo) y el tercio restante para hortalizas menos exigentes (superficie color azul). De esta manera, se evitaría las consecuencias negativas del monocultivo, entre ellas, la acumulación de patógenos del suelo (ver Gráfico N° 14<sup>104</sup>), lo que resulta ser el “talón de Aquiles” en horticultura; de hecho, todos los sistemas hortícolas inician con alguna forma de esterilización de suelo.

Por supuesto que a este esquema de rotación hay que sumarle, primeramente, las cuestiones de mercado y, luego, cuestiones de alelopatía (ver Tabla N° 28<sup>105</sup>). Si, por ejemplo, el mercado de las especies de alta exigencia es más tentador, se podría dividir la finca en cuatro partes y destinar 2/4 a estas, de modo que solo se cultive exigente sobre exigente 2 años seguidos en cada 1/4 de la finca, para luego seguirle a ese lote cuatro años de descanso (1 año de cultivo de baja demanda nutricional y 3 años de recuperación -pastura y animales-) antes de volver a cultivar hortalizas de alta exigencia. El impacto animal, también, podría incorporarse entre los bordos de plantación para cortar el pasto a diente o pico (gallinas); estas últimas, también, ayudarían a disminuir la población de insectos fitófagos.

Además, se podría sugerir el diseño e instalación de corredores biológicos y la asociación de algún cultivo o planta que mejore el crecimiento de la hortaliza en cuestión (asociación de cultivos). Por ejemplo, la planta *Tropaeolum majus* (taco de reina) que se la ha mencionado como compañera del tomate, considerando que es una especie herbácea, anual, no trepadora

104- Ver capítulo 10.

105- Ver capítulo 13.

y con flores (en consecuencia, atractiva a enemigos naturales), podría ser probada a gran escala en un sistema de producción como el de Joaquín y Juan.

Sumar estas técnicas agroecológicas de cultivo, seguro, reduciría el uso de combustible, pesticidas y, con el tiempo, disminuiría la cantidad de materia orgánica comprada. Otra propuesta interesante sería la de encontrar un cultivo herbáceo que pueda reemplazar al plástico, es decir, plantar sobre una cobertura viva o, en su defecto, sobre una cobertura muerta (paja). Es importante no perder de vista que en las zonas cálidas y húmedas, como lo es Colonia Santa Rosa (Salta, Argentina), el manejo de plantas espontáneas se dificulta debido al crecimiento explosivo que presentan. Por este motivo, la cobertura plástica es la más utilizada; pero no quita que exista la posibilidad de asociar alguna especie vegetal herbácea que mantenga cubierto el bordo.

Todas estas cuestiones no son responsabilidad del productor, ellos ya tienen mucho tiempo y dinero que invertir para poder producir; correspondería, entonces, a las entidades estatales (financiadas por la sociedad), encargadas de la investigación agropecuaria, tomar las riendas del tema.

### **El pasto en horticultura**

La producción de hortalizas sobre pasto u otras plantas herbáceas es posible, tiene un camino muy prometedor y su aplicación está subexplotada en el Norte argentino. El mayor obstáculo radica en la utilización masiva de variedades de hortalizas mejoradas, bajo condiciones ideales y sin ningún tipo de interacción con algún otro cultivo, a lo que se le suma la escasa información científica sobre los efectos alelopáticos de las distintas plantas que podrían usarse como cobertura en los diferentes climas del NOA, sin mencionar la dificultad de conseguir sus semillas. Por el contrario, en Brasil, se viene practicando el trasplante directo de hortalizas desde el año 1990; la técnica se llama *Sistema de Plantación Directa de Vegetales (SPDH)*. La Empresa de Pesquisa Agropecuaria y Extensión Rural de Santa Catarina (EPAGRI), del Estado de Santa Catarina (Brasil), inició en 1998 investigaciones sobre este sistema; en la actualidad, se practica con éxito

en unas 3 mil hectáreas distribuidas entre 1.200 predios rurales en Santa Catarina, lo que representa alrededor del 10% de la superficie sembrada de hortalizas en el estado. Con este sistema el agricultor gasta en promedio un 50% menos para producir hortalizas, lo que se debe a la reducción de uso de insumos; por ejemplo, en cultivo de tomate, este sistema ha permitido reducir en un 60% el uso de fungicidas, un 100% el uso de herbicidas y un 60% el uso de fertilizantes químicos, manteniendo la productividad respecto al sistema convencional. En el cultivo de cebolla, además de reducir el uso de fertilizantes químicos en un 60% y el uso de fungicidas en más de un 40%, SPDH permite extender el tiempo de almacenamiento del bulbo en 60 días. Con respecto a otro aspecto de suma importancia como el agua<sup>106</sup>, el SPDH obtuvo una *reducción promedio en el uso de agua para riego del 80%*<sup>107</sup>. Así también, si se utiliza menos agua y menos agrotóxicos, este tipo de agricultura tampoco entraría en los informes FAO de contaminación ambiental.

En Brasil también se iniciaron experiencias para la producción de maíz sobre pasturas (siembra directa sobre pasturas perennes cortadas, en un sistema de PRV). En el primer año obtuvieron resultados productivos muy bajos, pero lograron seleccionar las plantas más adaptadas. El segundo año fue muy prometedor, los productores e investigadores lograron armar un silo de maíz y trébol (Pinheiro Machado Filho *et al.*, 2019). Actualmente, se continúa la selección de plantas de maíz adaptadas a este manejo y el perfeccionamiento de la técnica.

Paralelamente, en Maimara (Jujuy, Argentina), pudimos probar esta técnica para la obtención de maíz para choclo (ver Imagen N° 43).

---

106- Ver el capítulo 12.

107- Para más información ver Fayad *et al.*, 2019.

Imagen N° 43: Plantas de maíz sembradas directamente sobre cobertura viva nativa



Fuente: Foto del autor, tomada en Maimara, Jujuy, Argentina, 2017.

En esta pequeña experiencia se ha notado que el maíz respondía de forma diferente, según la especie de planta que cubría el suelo. Como se ve en la imagen anterior (N° 43), las plantas estaban creciendo sobre una asteraceae herbácea anual, la cual nunca llegó a superar en altura a las plantas de maíz. De la misma manera, pudimos realizar una pequeña experiencia cultivando tomates cherrys sobre pasturas (cebadilla criolla, principalmente). Básicamente, la técnica consiste en llevar plantines de buena calidad (de semilla adaptada a la zona, buen desarrollo radicular, buen grosor de tallo y longitud moderada) y plantarlos sobre una pastura cansada (cortada al menos 2 veces, antes de su Punto Óptimo de Reposo); en el caso del maíz y otras especies de semillas grandes (habas, por ejemplo), se siembra directamente sobre la cobertura verde. Luego se cubre con el mismo pasto cortado alrededor de los plantines y, durante el tiempo de cultivo, se corta el pasto cuando este alcanza una altura que dificulta el manejo (el pasto nunca debe llegar a cubrir las hojas de la hortaliza). Para facilitar el corte sin dañar las plantas, se puede utilizar protección para el cuello de la planta, por ejemplo, anillos de plásticos hechos con caños o botellas cortadas.

También, en Francia tuvimos la oportunidad de repetir esta experiencia. En una pequeña huerta plantamos distintas especies de hortalizas (plantines

comprados), sobre una pastura (trébol y *rye-grass*), donde colocamos bosta de vaca cubierta con el pasto cortado alrededor de los plantines (ver Imagen N° 44, a y b).

Imagen N° 44 (a y b): Experiencia de producción de hortalizas sobre pastura



Fuente: Fotos del autor, tomadas en Nantes, Francia, 2018.

En la actualidad continuamos practicando esta técnica en una pequeña huerta ubicada en el “Hogar del Sol” (Ruta Nacional N° 9, Reyes, Jujuy), donde estamos obteniendo buenos resultados con cultivos de lechuga, habas, zapallito verde de tronco, brócoli, zanahoria, tomate cherry y tomate redondo (ver Imágenes N° 45, 46 y 47). El paso siguiente es aplicarlo en un sistema productivo mixto (producción animal y vegetal) de mayor envergadura en nuestra zona.

Imagen N° 45: Plantas de tomate cherry, creciendo sobre bordos con cobertura verde



Nota: Al inicio del período de mayor susceptibilidad a plagas, debido a la mala situación inicial del suelo, se aplicó una vez por semana un biofertilizante foliar para fortalecer el sistema inmune de las plantas.

Fuente: Foto del autor, tomada en el “Hogar del Sol”, Jujuy, Argentina, 2019.

Imagen N° 46: Plantas de tomate cherry, creciendo sobre bordos con cobertura



Nota: Los bordos de la derecha fueron cosechados y se encuentran en descanso. Se corta el pasto con animales para diversificar la producción y mejorar la fertilidad del suelo.

Fuente: *ibíd.*

Imagen N° 47: Habas y lechugas asociadas



Nota: Ambas especies hortícolas fueron sembradas (haba) y trasplantadas (lechuga) directamente sobre una pastura mixta previamente cortada.

Fuente: ibíd.

Si bien se tratan de pequeñas experiencias<sup>108</sup>, guardan todo un potencial productivo escalable y poco, o nada, investigado en nuestra zona. Conviene repasar el beneficio del pasto y los animales sobre la fertilidad del suelo, para entender que es una herramienta poco valorada en la producción de hortalizas.

Continuando con la empresa *La Selvita* SRL, las raíces de hortalizas se entrecruzan en el entre bordo de plantación con las raíces de *Brachiaria* que lo cubre. Seguramente existirá, entre ellas, algún tipo de asociación no descubierta aún, pero mínimamente está ocurriendo un efecto de dilución de hospedero (ver Esquema N° 8<sup>109</sup>) que aumenta la supresividad de ese suelo.

---

108- En la sencillez de las pequeñas cosas, se encuentran los tesoros más grandes.

109- Ver capítulo 10.

Las experiencias que realizamos, sembrando y trasplantando sobre pasturas, fueron todas en climas templados. Aplicarlo de la misma manera en una finca con clima cálido y húmedo sería un grave error, debido al crecimiento explosivo de las herbáceas. Además, una cobertura verde dentro de un invernadero puede exigir sistemas de ventilación más eficientes, de lo contrario, se podría afectar de forma negativa la sanidad del cultivo.

En fin, hay todo un camino de técnicas de producción limpia que necesitan ser investigadas y adaptadas a cada zona.

CAPÍTULO 17

**CERTIFICACIÓN ORGÁNICA Y  
BIOINSUMOS**

*La razón de que las técnicas mejoradas por el hombre parecen tan necesarias, es que el equilibrio natural ha sido alterado tan gravemente de antemano por estas mismas técnicas que la tierra se ha hecho dependiente a ellas.*

Fukuoka (1988)

Este capítulo no pretende brindar información sobre cómo certificar un establecimiento productivo, sino que pretende entender los fundamentos o necesidades de la certificación.

“Certificar” significa declarar o asegurar que una cosa es o fue hecha de determinada manera. Por lo tanto, cuando se habla de productos alimenticios certificados como “orgánicos”, se refiere básicamente a que su proceso de producción fue realizado respetando ciertas normas que garantizan la no utilización de pesticidas de síntesis química. Estos productos certificados vienen identificados con un sello emitido por entidades que se dedican a certificar, lo que facilita su identificación en las góndolas.

En los artículos 41 y 42 de la Constitución Nacional Argentina, nuestra Ley Suprema, podemos entender que el Estado argentino tiene la obligación de garantizar un ambiente sano y actividades productivas que satisfagan las necesidades presentes y futuras, es decir, que sean sostenibles (art. 41). Además, el Estado tiene la obligación de cuidar la salud y seguridad económica de los ciudadanos argentinos (consumidores). Y, al mismo tiempo, tiene la obligación de mantener a los consumidores bien informados sobre lo que están consumiendo (art. 42). Reiteramos: estas son *obligaciones* del Estado argentino.

Es muy probable que el lector se haya enterado durante la lectura de este libro (y, por lo tanto, recientemente) de lo que realmente ingiere cuando consume carne, huevo, leche (y derivados), frutas, verduras y agua. Lo que

seguramente le generó una inseguridad total sobre si el Estado realmente se preocupa por la salud, bienestar y sostenibilidad del pueblo argentino.

No se intenta criticar al Estado, sino que se desea despertar el interés de los ciudadanos por hacer cumplir su derecho natural a gozar de buena salud, por lo cual, antes de demandar medicamentos y atención médica gratuita (obras sociales), necesitamos exigir un ambiente sano: *aire, agua y suelo puros y sanos*. Lo que producirá, naturalmente, una menor dependencia de fármacos (*he aquí, el quid de la cuestión*).

El Estado argentino considera que la Certificación Orgánica es totalmente necesaria para, principalmente, evitar la competencia desleal; es decir, eliminar del camino aquellos oportunistas que se llaman a sí mismo “orgánicos”, con el objetivo de aumentar sus ventas o los precios de sus productos. Además, la certificación es necesaria para garantizar al consumidor que lo que está comprando realmente es lo que él piensa. En otras palabras, y coincidiendo con el Estado, la certificación es totalmente necesaria. A pesar de esto, vamos a detallar algunos aspectos poco mencionados cuando se habla de certificación, que consideramos de suma importancia.

### **1. ¿Quién certifica?**

La Ley N° 25.127 “Producción Ecológica, Biológica u Orgánica” detalla, en su artículo 4, que el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) es el organismo encargado de aplicar esta Ley y de promover la producción orgánica; lo que no significa que sea el organismo encargado de certificar a los productores. El SENASA, simplemente, propone algunas normativas a las entidades encargadas de certificar a los productores; como, por ejemplo, el listado de insumos permitidos en producción orgánica vegetal y animal, que, por supuesto, es un listado propuesto por las mismas entidades certificadoras. Estas últimas, según el artículo 8, pueden ser entidades públicas o privadas.

Considerando que la certificación tiene su origen en el “primer mundo”, las entidades realmente capacitadas en certificar son privadas y extranjeras. Es decir, en Argentina, la certificación está principalmente en manos extranjeras que desean colocar los productos de calidad superior

en sus mercados, quedando nuestro país desprovisto de ellos o a un precio muy elevado. El productor, por su parte, se ve atraído hacia lo orgánico únicamente por el interés de conseguir mejores precios, lo que resulta ser necesario, ya que certificar cuesta muchos dólares iniciales, más una cuota anual para mantenerse orgánico. En otras palabras, el extranjero no solo se lleva la fertilidad de nuestros suelos, sino también la salud de nuestros productos de, teóricamente, mejor calidad biológica.

## 2. ¿Quiénes pueden consumir productos orgánicos?

Los alimentos certificados “orgánicos” son más caros no solo por el costo de la certificación, sino también por la baja oferta y su demanda creciente.

Analizando los informes del Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC-2021a y 2021b), realizados en la provincia de Buenos Aires, vemos que, durante el mes de abril de 2021, una familia tipo (madre, padre y dos hijos) necesitó un ingreso no menor de AR\$ 62.958 para no quedar debajo de la línea de pobreza y de AR\$ 26.677 para no ser indigentes. Por otro lado, en la misma fecha el INDEC publicaba que casi el 60% de las familias argentinas encuestadas tenían un ingreso igual o menor al que marca la línea de pobreza (no todas las familias encuestadas eran de 4 integrantes). Si a esta información le agregamos que la canasta básica familiar no incluye alimentos certificados como orgánicos (que son más caros), entenderemos que más del 60% de las familias censadas *no* están en condiciones de alimentarse con productos considerados dignos para seres humanos. Si deseamos llevar esta idea a nivel mundial, recordemos que el 1% de la población concentra más del 90% de la riqueza.

Entonces, vemos que la certificación orgánica, como el Estado la encara, ocasiona un aumento sobre la brecha de bienestar que existe entre ricos y pobres. El Estado honraría la Constitución Nacional si realmente tomara las riendas de la certificación de los sistemas agropecuarios argentinos. Lo justo sería que el productor que se preocupa por ser ético (producir alimentos dignos de seres humanos de manera sustentable) reciba un seguimiento y sello *gratuito* de distinción entre los productores que no se preocupan por ello. Y, estos últimos, deberían pagar una multa por los costos

generados al Estado por daño ambiental y sus consecuencias sobre la salud de los ciudadanos argentinos (antes de esto, debería fomentar la producción ecológica brindando créditos, asesoramiento y tiempo suficientes para el cambio).

De esta manera, el sobreprecio generado sobre los productos sanos se produciría únicamente por un efecto de oferta/demanda, lo que seguramente provocaría un mayor interés por parte del sector productivo para producir acorde a la Ley Suprema (art. 41); lo que aumentaría la oferta y bajaría el precio. Y, a su vez, generaría un mayor interés del sector educativo para formar profesionales acordes a las exigencias de la sociedad que financia sus estudios. Esto debería ser visto por el Estado como una inversión que se traduciría, según el informe del Centro de Estudio Sobre la Nutrición Infantil, en un mayor potencial de crecimiento y desarrollo económico del país (Espagnol y Carmuega, 2010).

### **3. ¿Orgánico significa sustentable?**

No siempre. Como ya se mencionó, la producción orgánica es aquella que cumple las normativas que exigen las entidades certificadoras. Por ejemplo, para ser orgánico hay una lista de insumos que no se pueden utilizar y otra lista de insumos que sí se pueden utilizar. Mejor dicho, la producción orgánica reemplaza los insumos prohibidos por otros insumos permitidos, los cuales, en su mayoría, son llamados *bioinsumos* (tema del que hablaremos más adelante).

Esto no significa que el productor realmente cambie el paradigma de manejo, es decir, se puede ser orgánico y, al mismo tiempo, arar el suelo, mantenerlo desnudo por un tiempo y practicar monocultivos. Esto explicaría, por ejemplo, el porqué, los sistemas de producción orgánicos certificados, no necesariamente apoyan el desarrollo de poblaciones y comunidades de fauna del suelo (Chmelík *et al.*, 2019). Se puede ser orgánico y, al mismo tiempo, tener una alta dependencia de insumos externos. Por ejemplo, en California, muchos agricultores orgánicos, que cultivan uvas y frutos rojos, aplican entre 12 y 18 tipos de insumos biológicos diferentes por temporada. Además del aumento de los costos, muchos productos utilizados para un fin acaban afectando a otros aspectos del sistema. Por ejemplo, el azufre,

que se usa con mucha frecuencia para controlar las enfermedades foliares de las vides, puede aniquilar las poblaciones de avispas parásitas *Anagrus* y perjudicar las poblaciones de lombrices de tierra. De esta forma, los agricultores entran en un “callejón sin salida” orgánico (Rosset y Altieri, 2018).

En resumen, se puede tener el sello de “orgánico” y estar perdiendo el sentido de sustentabilidad.

#### **4. ¿Orgánico significa libre de pesticidas?**

Esto casi nunca sucede. Que una finca no haya utilizados pesticidas ni fertilizantes químicos para producir, no significa que los alimentos que allí se obtengan estén libres de químicos. Esto ya lo mencionó Carson en 1962, cuando relató en su libro que los análisis de sangre realizados a esquimales (personas que únicamente vivían de la caza y pesca, y que jamás fueron a ciudades) daban positivo al insecticida DDT. También lo mencionó un informe FAO (1997), donde destaca que los pesticidas viajan miles de kilómetros al ser secuestrados por el polvo y arrastrados por el viento. Y, como lo menciona Primavesi (2009), el caldo de aplicación que se evapora (entre un 40 a 60%) sube hasta las nubes y regresa a la tierra con la lluvia, granizo o nieve, precipitando a miles de kilómetros de donde ocurrió la aplicación de pesticidas.

El planeta está tan estrechamente conectado que nada de lo que el productor haga o aplique en su finca repercute únicamente en su finca.

#### **5. ¿Orgánico significa mejor calidad biológica?**

No siempre es así. Como es de imaginar, si un sistema productivo reemplaza insumos químicos por biológicos, pero no cambia el paradigma de producción, los alimentos pueden seguir siendo de calidad inferior, si se los compara con aquellos producidos bajo los patrones de la naturaleza (o pilares fundamentales de la Agroecología). Esto explicaría por qué existe un debate continuo sobre si, realmente, los alimentos orgánicos son superiores nutricionalmente o si solo son una forma en la que los consumidores más pudientes pueden comprar “tranquilidad”. Por ejemplo, Suciú *et al.* (2018)

no encontraron diferencias nutricionales significativas entre productos orgánicos y convencionales, concluyendo que, en general, los alimentos certificados como orgánicos están sobrevalorados en el mercado. Esto podría deberse a que muchos productores que no son orgánicos, por tener muy entendidas las ventajas de utilizar materia orgánica de origen animal y manejar el suelo con cobertura y remoción mínima (como ocurre con *La Selvita SRL*<sup>110</sup>), obtienen buenos resultados cuantitativos y cualitativos. Por lo tanto, si se los compara con un productor certificado orgánico, quien únicamente reemplaza la urea por estiércol, no existiría una diferencia significativa en la calidad del producto.

Otro caso donde el sello orgánico no siempre significa mejor calidad biológica lo tenemos en los productos de origen animal. Como lo mencionó Servan-Schreiber (2014), el huevo, la leche y la carne pueden tener el sello de orgánico, pero si estos fueron alimentados a base a maíz y soja orgánica, la relación omega6/omega3 seguirá siendo muy elevada y muy baja la cantidad de ácido linoleico conjugado.

Recordemos que son las mismas “plagas” las que indican si un alimento tiene o no calidad biológica. Si matamos las plagas con insumos químicos o biológicos, no estaremos produciendo alimentos de calidad, aunque tengamos un sello que garantice lo contrario.

## **6. El costo extra de lo saludable**

No podría existir una aceptación comercial tan falta de humanidad, de ética profesional. *¿Cómo es que lo saludable tiene que ser más caro?* No debemos olvidar que producimos alimentos para seres humanos. Por lo tanto, es una obligación como ciudadanos y profesionales argentinos producir alimentos en cantidad y calidad para la sociedad que, con el pago de sus impuestos, ha financiado muchas veces los estudios de profesionales dedicados a estas cuestiones, que deberían asegurar lo “saludable”. Lamentablemente, la ética profesional no forma parte del plan de estudios del Ingeniero Agrónomo *¿Cómo puede ser que los profesionales que tienen la primera intervención sobre la salud de las personas, por manipulación directa del suelo, aire y agua, no tengan una fuerte formación ética?*

---

110- Ver capítulo 16.

Como hemos venido desarrollando a lo largo de este libro, la Agroecología puede reducir los costos de producción y mantener o mejorar los rendimientos (tanto en producción vegetal, como animal); la pregunta lógica, entonces, sería: *¿por qué vender más caro algo que me costó menos producir?* Para finalizar, viene bien repasar lo que dice Freire (2004) al respecto: “Si se respeta la naturaleza del ser humano, la enseñanza de los contenidos no puede darse alejada de la formación moral (o ética) del educando (estudiante). Educar es, sustantivamente formar”.

### **Bioinsumos**

El Ministerio de Agroindustria de la Nación (2016), mediante la Resolución 29/2016, en el artículo primero, define a los “bioinsumos” como: “todo aquel producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que esté destinado a ser aplicado como insumo en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética”. Esto incluye biofertilizantes, promotores naturales del crecimiento vegetal, biopesticidas, entre otros.

Cuando una finca con manejo convencional desea cambiar su paradigma productivo hacia el agroecológico, se encuentra con un serio problema: *los años de miseria*. Es un período de tiempo con marcada depresión en la producción del suelo (Pinheiro Machado, 2016), y un tiempo en el cual el suelo se detoxifica y se recupera de forma parcial del maltrato anterior. Lógicamente, este tiempo es muy variable, pues depende de las prácticas agrícolas anteriores que son siempre muy variables de una finca a otra; pero, en términos generales, puede durar entre 2 a 8 años (ibíd.; Rosset y Altieri, 2018). Finalizado este período, no significa que el suelo se haya recuperado de manera total, simplemente quiere decir que el suelo mejoró su capacidad productiva. La recuperación total del suelo puede demorar 20 años (Voisin, 1957; Klapp, 1997 citados en Pinheiro Machado, op. cit.).

Esto podría explicarse como una cuestión energética. Dijimos con anterioridad que la cantidad de producto que se obtiene en un sistema productivo depende directamente de la cantidad de energía que ingresa a

ese sistema<sup>111</sup> (insumo es sinónimo de energía). El total de energía solar que efectivamente ingresa y queda disponible para los distintos componentes del sistema, inicialmente, es poca, y gran parte de esta se utiliza para la detoxificación, recuperación de la estructura del suelo y reactivación de los ciclos biogeoquímicos. Esto quiere decir que, relativamente, poca energía estaría disponible, inicialmente, para la obtención de productos. Además, la eficiencia energética de un sistema convencional es muy baja, debido a la pobre cobertura verde, poca profundidad de suelo y débil actividad biocenótica del suelo. En otras palabras, el sistema está enfermo y desequilibrado, necesita recuperar su salud y equilibrio por lo que necesita invertir energía en ello (ver Esquema N° 20).

Esquema N° 20: Asignación Energética durante el proceso de transición del Manejo Convencional hacia el Manejo Agroecológico



Fuente: Elaboración propia.

El Esquema N° 20 representa una finca que ya inició el cambio de manejo, es decir, cambió su paradigma productivo del convencional al agroecológico. La izquierda del esquema representaría la asignación energética en el año de inicio. La línea negra del medio son los años que demoraría el sistema hasta alcanzar la situación ideal de la derecha.

111- Ver capítulo 2.

En el inicio, la poca energía que el sistema puede captar y almacenar<sup>112</sup> se utiliza para recuperar parcialmente la fertilidad del suelo (detoxificación, reactivación de los procesos biogeoquímicos y recuperación parcial de la estructura), por lo tanto, queda poca energía que efectivamente se utiliza para la obtención de productos. Bajo estas condiciones (tratándose de producción vegetal), las plantas se enferman con suma facilidad, a tal punto que, si no se interviene de alguna manera, se pierde gran parte de la cosecha. Por ejemplo, hace casi 6 años, en una experiencia compartida<sup>113</sup> para iniciar una parcela experimental de producción de maíz sin agrotóxicos (considerábamos que de eso se trataba la Agroecología), el primer año, el 60% de las plantas estaban casi destruidas por *Spodoptera spp.* Esto se debió a que las plantas no obtenían del suelo (destruido por las prácticas anteriores) lo que necesitaban para mantenerse sanas; además, utilizamos semillas compradas de procedencia muy lejana (por lo tanto, ecológicamente, muy diferentes) a la zona donde estábamos experimentando. El segundo año, la merma disminuyó considerablemente, tuvimos una pérdida del 20% de las plantas. Ahora bien, hacíamos un manejo orgánico: tratábamos al suelo de la misma forma que uno convencional, pero reemplazamos la urea por un poco de compost y sembramos semillas seleccionadas de las plantas que habían sobrevivido al año de inicio.

Esto que hicimos hace 6 años, es inviable para un productor que depende de la obtención de cosechas, no podemos pretender que una empresa agrícola (pequeña, mediana o grande) tenga pérdidas elevadas de sus cosechas en los años de inicio. Aquí es donde el Bioinsumo entra al sistema en el inicio del proceso de transición, como una inyección de energía no contaminante (o menos contaminante -representado por la flecha verde a la izquierda del Esquema N° 20-), que sirve para compensar

---

112- A medida que el sistema evoluciona hacia la recuperación del suelo, las condiciones para la fotosíntesis también lo hacen: aumenta la cobertura verde del suelo, la profundidad efectiva del suelo, la infiltración de agua, la actividad biocenótica, la disponibilidad de nutrientes y la protección natural contra las plagas. Esto significa que la energía que efectivamente ingresa al sistema como biomasa vegetal, exudados radiculares y, por transmutaciones de elementos, aumenta al mejorar el suelo, lo que no ocurre de un año para el otro.

113- Experiencia vivida junto a mi hermano, el Ing. Agr. David Ezequiel Medina, y de la que se habla en el capítulo 18.

la baja captación de energía del sistema y lo que se invierte en recuperación parcial de los procesos naturales de producción. En otro ejemplo, en el 2019, un viticultor de Tilcara (Jujuy, Argentina) llegó preocupado al laboratorio de Fitopatología y Zoología Agrícola de nuestra Facultad (FCA-UNJu), porque sus vides estaban muriendo. Trajo unas muestras de ramas y raíces que fueron analizadas en el Laboratorio de Fitopatología; y el diagnóstico obtenido reveló que las plantas estaban siendo atacadas por el hongo de suelo *Verticillium spp.*, el cual afecta los haces vasculares de las plantas y termina matándolas. Además, las raíces estaban curvadas hacia arriba (ver Imagen N° 7<sup>114</sup>). Cuando visitamos la finca nos dimos cuenta de que el problema no era el hongo, sino el manejo: el suelo estaba totalmente desprovisto de cobertura (ver Imagen N° 48), el riego era excesivo a tal punto que, debajo de la costra desértica, el suelo estaba saturado de agua a pesar de que se había regado hacía ya 5 días.

Imagen N° 48: Plantas de vid para vino bajo manejo convencional



Nota: Suelo descubierto por el uso de herbicida.

Fuente: Foto del autor, tomada en Tilcara, Jujuy, Argentina, 2019.

---

114- Ver capítulo 7.

Las recomendaciones para resolver la causa del problema eran fáciles, había que crear un ambiente favorable para quitar el freno a los procesos naturales, esto era: corregir el riego (evitar la saturación del suelo), reemplazar el herbicida por una cortadora de pasto, aumentar la dosis de guano de chivo y sembrar cultivos de cobertura para que el ingreso de energía al suelo no se detenga cuando las vides pierdan sus hojas. Pero, *¿qué se haría con las plantas que ya estaban enfermas y a punto de morir?* Era necesario inyectar energía al sistema para salvar esas plantas, pero por razones éticas nunca se habría recomendado energía contaminante. De hecho, los fungicidas químicos recomendados para *Verticillium* no estaban siquiera probados en vid y, por lo tanto, las dosis no estaban bien definidas.

Al entender que el sistema enfermo no proveía lo que las plantas necesitaban para mantenerse sanas, se recomendó la utilización, como medida *paliativa*, de un biofertilizante foliar como inyección de energía “verde”, es decir, como una herramienta que permitiría salvar las plantas y al mismo tiempo no seguir frenando los procesos naturales de producción (como lo habría hecho un fungicida químico), para asegurarnos la mejora de las condiciones ecológicas y, por lo tanto, la verdadera sustentabilidad del sistema (mediano y largo plazo). El resultado a corto plazo fue asombroso, las plantas enfermas no solo se salvaron, sino que además llegaron a dar cosecha. La “frutilla del postre” fue evitar la contaminación del personal, suelo, agua y aire con productos tóxicos.

Esto deja una conclusión muy clara: *si pudimos salvar plantas próximas a la muerte con microminerales, bacterias y hongos benéficos, es porque el sistema de manejo convencional no proveía las condiciones favorables para que las plantas naturalmente obtengan los minerales y simbiosis con microorganismos que necesitaban.* El bioinsumo, entonces, reemplaza esta dotación hasta que el sistema se recupera. En otras palabras, el bioinsumo es solo una herramienta correctiva y/o paliativa que se deja de utilizar a medida que el sistema se recupera (mediante prácticas agroecológicas) del maltrato convencional. Si el bioinsumo no se lo toma como una herramienta paliativa, el productor volverá a caer en un camino de alta dependencia de insumos, pero, esta vez, orgánicos (Rosset y Altieri, op. cit.), ya sea que compre el bioinsumo o lo fabrique él mismo.

Respecto a bioinsumo comprado o producido por el mismo agricultor, es necesario destacar que la producción es mucho más económica que la compra. Por ejemplo, comprar un biofertilizante foliar puede costar cerca de US\$ 5 el litro, mientras que uno producido por el agricultor puede costar menos de US\$ 0,3 el litro, y ambos usarse con la misma dilución (al 2%) y frecuencia de uso. Pero, en el caso mencionado, donde la enfermedad en las vides ya estaba bastante avanzada, no se tenía tiempo para la preparación de un biofertilizante, pues esto lleva entre 45 a 60 días, por lo que se optó por la compra.

### **Dar las condiciones**

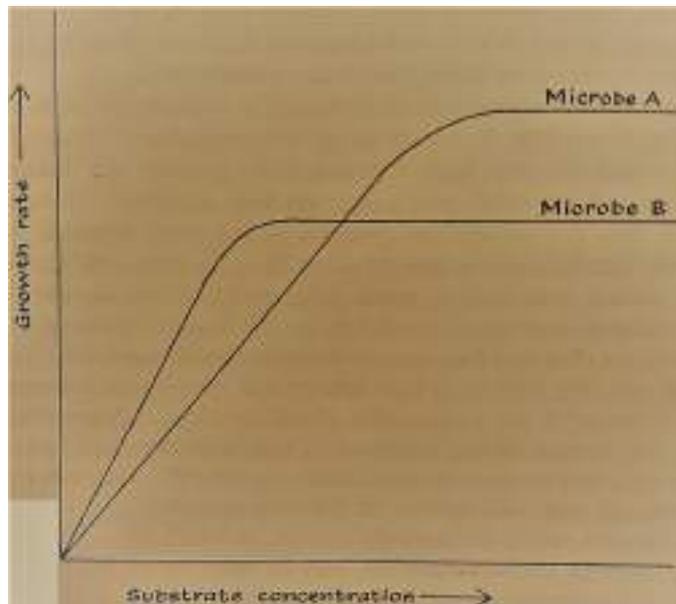
Es importante entender que la clave de la sustentabilidad radica en brindar las condiciones para que los procesos naturales de producción se desenvuelvan con normalidad. En otras palabras, debemos trabajar a favor de la vida.

A medida que las condiciones ecológicas mejoran, la naturaleza misma va poblando el suelo y el ambiente en general con todo lo que el productor necesita para tener un cultivo equilibrado entre cantidad y calidad.

Se trata de realizar prácticas de manejo que permitan a la biocenosis del suelo mantener su fertilidad y a los controladores naturales mantener el equilibrio poblacional de fitófagos.

Si el productor no entiende este fundamento sobre la vida, siempre dependerá de comprar o producir bioinsumos (microorganismos, lombrices, insectos parásitos, parasitoides y/o predadores). Gray y Williams (1971), hace ya varias décadas, dejaron un ejemplo bien explicativo sobre este tema (ver Gráfico N° 35).

Gráfico N° 35: Crecimiento de dos Microorganismos Hipotéticos en función de la concentración de Nutrientes del Sustrato



Fuente: ibíd.

El suelo es un ambiente muy dinámico, posee un sinnúmero de microhábitats que se modifican constantemente, la disponibilidad de nutrientes es tan solo una de las muchas variables que posee el suelo. Por el contrario, un medio de cultivo artificial que se utiliza para aislar y multiplicar microbios se caracteriza por poseer un elevado nivel de nutrientes a un óptimo rango de temperatura. Supongamos que A y B son microorganismos de la misma especie, pero de distintas cepas; de hecho, en un mismo suelo, siempre se pueden encontrar distintas cepas de la misma especie de *Trichoderma*, por ejemplo. Como se aprecia en el Gráfico N° 35, la cepa A no está adaptada a crecer en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes, mientras que la cepa B responde mucho mejor a esta condición. Pero, a medida que aumenta la disponibilidad de nutrientes, la cepa A (mejor adaptada a esta condición), supera en crecimiento a la B. En consecuencia, un bioinsumo proporcionará al productor una cepa adaptada a una condición ambiental muchas veces distinta a la que existe en su suelo (condiciones que son siempre muy dinámicas). Esto no quiere decir que no se obtengan buenos resultados

inmediatos cuando se lo aplica, pero difícilmente esas cepas compradas perduren en su suelo para brindar resultados a largo plazo (es el camino hacia la dependencia). Por el contrario, cuando se brindan condiciones naturales al sistema (eliminando toda práctica de cultivo que destruya al suelo), el mismo suelo brinda el beneficio permanente de un sinnúmero de cepas de microbios que complementan sus actividades a medida que las condiciones del microhábitat se modifican, lo que se traduce a un beneficio permanente, siempre y cuando, se cuide la superficie del suelo.

### **Conclusiones**

- La certificación de calidad de los productos es necesaria pero no debe generar desigualdad social. El Estado tiene la obligación de garantizar condiciones dignas a *todo* el pueblo argentino.
- Para garantizar la sostenibilidad de los sistemas productivos y para cuidar la igualdad y salud del pueblo, el Estado debería tomar las riendas de la “Certificación”, cuidando el cumplimiento de los pilares fundamentales de la Agroecología; por lo tanto, más que “orgánica”, la certificación debería ser “agroecológica”.
- Lo saludable no debe ser más caro. La ética es necesaria en cualquier formación profesional.
- El “Bioinsumo” es una herramienta eficiente para el corto plazo, siempre y cuando, no genere dependencia en el mediano y largo plazo. Para no llegar a esta dependencia, es necesario quitar el freno a los procesos naturales de producción, es decir, brindar las condiciones. En otras palabras, el “Bioinsumo” es una herramienta útil para el proceso de transición de convencional hacia agroecológico.

CAPÍTULO 18

**AGROECOLOGÍA Y DOCENCIA: UN  
BREVE RELATO DE EXPERIENCIA**

Autor: Ing. Agr. David Ezequiel Medina

El motivo de este breve capítulo, después de haber entendido la necesidad y fundamentos de la Agroecología, es el de motivar a docentes de diferentes niveles educativos (universidades, terciarios, secundarios e, incluso, primarios) a incorporar contenidos de esta ciencia en sus respectivas materias.

Para poder comentar brevemente mi reciente experiencia en docencia con la Agroecología, resulta necesario volver en el tiempo a cuando era un estudiante avanzado de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy (FCA-UNJu).

En el último año de mi carrera de grado, gané un concurso de Ayudante alumno para la cátedra de Protección Vegetal. Fue allí donde comencé a dar mis primeros pasos en la docencia universitaria. Si analizamos los contenidos de esta materia podemos encontrar, entre otras cosas, todo lo referido a “productos fitosanitarios”: insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, entre otros “cidas”; así también sus distintos mecanismos y modos de acción, cálculos de dosis y volúmenes de aplicación, y las respectivas maquinarias e implementos; además de los diferentes productos “permitidos” que se utilizan para “combatir” las diversas plagas y enfermedades en los diferentes cultivos hortícolas, frutales, cereales, forrajes, etc. Esta es la materia a la que mayor importancia le dan en el enfoque convencional de producción, debido a que si tenemos algún problema con nuestros cultivos buscamos el manual, vemos cuál químico es la solución, luego, hacemos un pequeño cálculo de dosis, calibramos la maquinaria, usamos un equipo de protección y listo, ¡problema resuelto!; por supuesto si hablamos de un enfoque reduccionista. Sabemos, según lo explicado en este libro, que así no se resuelven de manera

definitiva los problemas en el campo, por el contrario, se los empeora. Fue este el enfoque y el perfil con el que fui formado en mayor medida, con la excepción de algunas materias. Entonces quizás se pregunten: ¿cómo fue que pasé de Protección Vegetal a Ecología Agrícola?, ¿de estar 5 años cursando con un enfoque casi completamente convencional a un enfoque agroecológico? y, como si fuera poco, ¿a enseñar Agroecología? Suena un poco loco y hasta divertido, y la verdad que lo es. Se los voy a relatar de la manera más sencilla posible.

En mi segundo año como Ayudante alumno, realizamos una salida de campo como actividad integradora a la Quebrada de Humahuaca, para aprender sobre el “manejo fitosanitario” de vides y algunas hortalizas. Recuerdo que, ese año, mi hermano Omar, era alumno de Protección Vegetal y tuvimos la dicha de ir juntos, ¿casualidad? Al llegar a esta finca, noté muchas diferencias con los demás sistemas productivos vistos y estudiados durante toda mi cursada en la carrera. Se podían observar estanques con abundante presencia de anfibios (estos últimos son muy susceptibles a los productos químicos y difíciles de encontrar en abundancia donde se apliquen), cultivos de coberturas, corredores biológicos de cebada y/o avena, flores como caléndulas entre las hortalizas y los frutales, gallinas ponedoras a pasturas, producción de compost. Todo era diferente, no existían residuos plásticos de agroquímicos, ni los depósitos que almacenan los mismos, ni siquiera el olor a estos productos (debo admitir que nunca me agradaron los agroquímicos, a pesar de trabajar en Protección Vegetal, siempre me pregunté: *¿ese producto banda amarilla de olor tan fuerte se lo aplicamos a los alimentos que consumimos?*). Ocurría todo lo contrario, podía ver insectos benéficos y una gran cantidad de insectos polinizadores, entre ellos, abejas; fue precisamente ese día cuando entendí que este era el tipo de producción correcto, en mayor armonía con la naturaleza, la sociedad y la enseñanza moral que recibí de mis padres (“amor al prójimo”).

Al retornar de este viaje sentí mucha curiosidad y ansiedad por aprender sobre este tipo de producción, y el sentimiento con mi hermano era compartido, así que comenzamos a estudiar por nuestra cuenta y emprendimos una pequeña producción experimental en Maimara, Quebrada de Humahuaca, Jujuy. Al principio fue difícil, no teníamos experiencia

de trabajo en campo ni conocimientos de producción agroecológica, y la información sobre el tema era dispersa; por otra parte, el suelo de nuestra huerta estaba compactado y sin materia orgánica, llevaba al menos 5 años sin producción y casi no tenía cobertura vegetal (era un desierto). Sin embargo, aún recuerdo el momento en que tomamos nuestras palas y picos, y con la ayuda de un caballo sembramos maíz para choclo. Debo admitir que fue una mala cosecha, tuvimos problemas con pulgones, hormigas, gusanos, las mazorcas eran pequeñas; y era de esperarse, porque la Agroecología no es sembrar semillas, regarlas y esperar a tener una buena cosecha, ya sea que hablemos de cualquier tipo de escala: pequeña, mediana o grande, se requiere mucho trabajo, manejo y conocimiento.

Como se explica de manera precisa a lo largo de este libro, la Agroecología tiene principios fundamentales; no es dejar que las cosas fluyan y cada situación es particular. Fue así que con el paso del tiempo fuimos incorporando conocimientos y los volcamos a nuestra pequeña producción. Aumentamos la biodiversidad de cultivos, permitimos que ciertas plantas espontáneas como leguminosas se establecieran, trabajamos en el manejo de cobertura de suelo, cultivos de aromáticas, especias, árboles frutales, riego por goteo, corredores biológicos, compost, harinas de rocas, rotación de cultivos, construcción de estanques, entre otras cosas. Y, por desconocimiento, recién después de todo esto, incorporamos la no remoción o remoción mínima del suelo. De esta manera, logramos un suelo con mayor contenido de materia orgánica, nutrientes, humedad, que nos proporcionaron equilibradas cosechas de choclos, habas, tomates cherrys, zapallitos, lavandas, acelgas, espinacas, peras, damascos, etc. Pudimos llevar a la práctica los pilares de la Agroecología como la “trofobiosis”, el “ciclo del etileno” y la “transmutación”. Aquí me gustaría detenerme y hacer notar la importancia del conocimiento autónomo, aquel conocimiento que se adquiere por propio interés, por experiencias propias. De hecho, solo el 2% del conocimiento científico, volcado en este libro, se podría decir que lo aprendimos en la Facultad; referido a esto último, también insistimos en la importancia de seguir incorporando temáticas agroecológicas en el curriculum de nuestra carrera y respectivas cátedras; siendo el presente libro un gran aporte a ello. Es importante que, como docentes, usemos

los diversos modelos de construcción de conocimiento, como los basados en los modelos de construcción del conocimiento, basados también en la experiencia, donde nosotros seamos mediadores o facilitadores, siendo creativos a la hora de proponer actividades para que los estudiantes, al realizarlas, se apropien de los conocimientos. Debemos ayudar a que el estudiante genere confianza sobre su capacidad de resolver problemas. Debemos ser capaces de generar en los estudiantes curiosidad indócil, insatisfecha y, sobre todo, crítica, para aprovecharla e iniciar la construcción de conocimientos en conjunto con ellos; para esto, por ejemplo, debemos investigar y hacer partícipes a los alumnos en nuestros proyectos.

Fue en esta pequeña experiencia donde pude apreciar interacciones biológicas de distintos tipos, en vivo y en directo, como la predación de una avispa (que no pudimos identificar) con orugas del maíz, predación entre vaquitas con pulgones de manera masiva, mutualismo entre tréboles y bacteria fijadoras a través de nódulos, diversos tipos de polinizadores en nuestros frutales, competencia de los cultivos de coberturas con las mal llamadas “malezas”, etc. Estos procesos naturales reemplazaban todo tipo de energía química y/o fósil, en ningún momento tuvimos que recurrir al uso de estos tipos de energía, bastaba con la energía solar. Se podría decir que nuestro sistema de producción se encontraba en un equilibrio dinámico (de haber tenido conocimientos más acabados y precisos sobre Agroecología, el tiempo, hasta alcanzar buenos resultados, hubiera sido mucho menor). Todo lo contrario sucedía en los huertos vecinos, donde el suelo era removido constantemente perdiendo su estructura y todo lo que esto trae añadido: interrupción del ciclo del etileno, pérdida de fauna edáfica, aceleración en la mineralización de la materia orgánica, etc. Además, este suelo quedaba al descubierto, sin protección, solo se realizaban aplicaciones de fertilizantes químicos para “suplir las necesidades de los cultivos”. Como si esto fuera poco, en ciertas ocasiones, podíamos sentir el olor de los productos químicos que utilizaban para “combatir las plagas” y las “no plagas”. Recuerdo a mi hermano Omar explicándole a un productor que los *Opiliones* no son plagas sino todo lo contrario, que tenerlos en el huerto es una gran ventaja como recicladores de MO y que no debía aplicarles veneno. A veces, estos productores mostraban cierto interés en nuestra huerta y en la agroecología, y nosotros les aconsejábamos siempre que podíamos. Y pensar que, antes de

la mal llamada “revolución verde”, ¿todos estos productores sabían producir alimentos sin químicos! *¿Qué fue lo que pasó? ¿Todos esos saberes culturales fueron erosionados tan rápidamente?*

Sucedió que, en ese lapso de tiempo, entre nuestra mala y buena cosecha, obtuve mi título de Ingeniero Agrónomo y me ofrecieron unas horas en la cátedra de Ecología Agrícola de la FCA-UNJu a través del Ing. Agr. Gustavo Guzmán, quien, con muy buena disposición, me dio libertad para sugerir cambios en la materia. Fue ese el momento en que sugerí incorporar la Agroecología en una de las últimas unidades del programa de la materia, de manera que los alumnos ya tengan conceptos básicos de Ecología aprendidos.

La pequeña experiencia en producción y el estudio por mi cuenta, conocimiento autónomo, como así, también, algunos cursos de posgrado que realicé fueron de gran ayuda para comenzar a dictar estas clases. Me identifico con la Agroecología y es lo que deseo enseñar a mis alumnos, una agronomía donde se pueden apreciar y utilizar las interacciones biológicas, conservar el suelo, el agua, cuidar y respetar a los peones rurales y a la fauna silvestre; en síntesis, una agronomía que tenga en cuenta factores ecológicos, sociales y no solamente económicos, una agronomía que imite a la naturaleza. ¡Esta la verdadera Agronomía!

Según mi reciente experiencia, comenzar a enseñar Agroecología en el tercer año de Agronomía, a la mitad de la carrera, luego de que los alumnos ya tienen los conocimientos de materias como Agroclimatología, Edafología, Fisiología Vegetal, Fitopatología (esta última se enseña con un enfoque agroecológico desde hace tiempo), Zoología Agrícola, Economía, entre otras materias, es el momento oportuno. Más adelante, cuando lleguen a cuarto y quinto año podrán aplicar estos conceptos en las materias de producción, como Fruticultura, Producción animal, Granos y Forrajes, Dasonomía, Horticultura (cátedra que desde hace tiempo también enseña con un enfoque agroecológico), incluso podrán realizar sus pasantías finales en instituciones o empresas donde puedan aportar una mirada diferente de producción.

En términos generales, los alumnos demostraron mucho interés por la Agroecología y la gran mayoría de ellos se identificaron con este enfoque

de producción. Quizás, esto es así porque somos parte de la naturaleza y de nuestro gran ecosistema que es el planeta Tierra. Como primeros resultados de la introducción de la Agroecología en nuestra cátedra, algunos alumnos que son productores agrícolas comenzaron a volcar estos conocimientos en sus campos, otros lo hicieron asesorando grupos de productores en Agroecología, y otros participando en un nuevo proyecto relacionado con la Agroecología de nuestra cátedra.

Los conceptos teóricos-prácticos, vistos en las clases áulicas, se pudieron apreciar en vivo en una salida de campo a un establecimiento que produce de esta manera. Resulta fundamental mostrar experiencias de este tipo de producción con presencia en campo y, con ello, demostrar que la Agroecología también puede hacerse en mediana y gran escala, no solamente a nivel de huerta familiar.

Quisiera mencionar, antes de finalizar, que los docentes debemos ser conscientes que participamos activamente en la *formación* de los estudiantes, no solo como profesionales, sino también como personas. Creo que muchos males que sufrimos hoy en día se deben a la falta de humanidad en los profesionales. Me refiero a que los profesionales olvidamos que somos seres humanos, que dependemos unos de otros, que estamos estrechamente conectados y que tenemos un mismo origen. Este olvido lleva a la falta de respeto, de conciencia social y ambiental, y a que las decisiones empresariales siempre tengan un sesgo económico dominante sobre lo socio-ambiental. Esta orientación moral inicia en el hogar, de allí una de las grandes importancias de la familia; pero como docentes debemos dar un buen ejemplo sobre conciencia socio-ambiental, puntualidad, respeto, tolerancia y sobre saber ponerse en el lugar del otro antes de dictar sentencias, sobre todo, cuando el curriculum de un Ingeniero Agrónomo carece de ética profesional como materia.

Finalmente, invito a los docentes de distintos niveles de educación, relacionados con las ciencias naturales, a que dentro de sus posibilidades puedan dictar sus respectivas materias con un enfoque agroecológico. Será de gran ayuda para las futuras generaciones de profesionales que llevarán adelante la hermosa tarea de producir alimentos, para hacerlo de una manera limpia, respetando la naturaleza, cuidando a la sociedad y a la salud de los consumidores y de nuestro planeta.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

*Y he de decir así mismo, porque de adentro me brota, que no tiene patriotismo quien no cuida al compatriota.*

J. Hernández (Martín Fierro, 1879)

*Cuando el poder del amor venza al amor al poder, el mundo conocerá la paz.*

J. Hendrix (1942 - 1970)<sup>115</sup>

*Porque el amor al dinero es la raíz de toda clase de males (...)*

La Biblia (1 Timoteo 6:10)

Hasta aquí quisiéramos resaltar, del texto, un hecho que ha venido ocurriendo a lo largo de nuestra historia: *nuestra separación de la Naturaleza*.

No pretendemos volver a la época de las cavernas, pero sí se considera necesario destacar, nuevamente, que cuanto más nos alejamos de nuestro origen, más graves son las consecuencias sobre nuestra salud. Cuanto más alejamos los sistemas de producción de alimentos de los patrones naturales, más se degenera su calidad biológica y peores son las consecuencias sobre nuestra salud (ambiente). Cuanto más abandonamos el campo para confinarnos en las ciudades, tanto más aumenta la polución, enfermedad, competencia predatoria entre nosotros y vandalismo. Las consecuencias negativas de darle la espalda a la Naturaleza ocurren desde temprana edad, por ejemplo, según Cury (2015), el síndrome de pensamientos acelerados (SPA) en niños y jóvenes es el resultado de una sobre estimulación de los sentidos de audiovisión, causado por el creciente y continuo uso de televisores y videojuegos. Por otro lado, Louv (2018) recopiló toda una serie

---

115- Consultado (en línea) el 04/06/21, en <https://citas.in/frases/89894-jimi-hendrix-cuando-el-poder-del-amor-sobrepase-el-amor-al-poder/>

de estudios que muestran que el déficit de Naturaleza en niños es la principal causa de los trastornos por déficit de atención e hiperactividad (TDAH-SPA). Las horas que se utilizaban para jugar al aire libre se consumen ahora frente a una pantalla, por cada hora de televisión que los preescolares ven al día aumenta un 10% (0,1) la probabilidad de que desarrollen problemas de concentración y otros síntomas de los trastornos de déficit de atención a la edad de siete años (Johnson, 2004 citado en Louv, 2018). De hecho, la exposición a la Naturaleza de niños con este trastorno puede mejorar sus capacidades cognitivas, así como la resistencia a la depresión y a formas negativas de estrés (Russell, 2014).

Sí, es un hecho en la modernidad, *los niños se deprimen y se estresan*. Según Mardomingo (2008), el suicidio es la tercera causa de muerte entre niños de 10 a 14 años después de los accidentes y el cáncer, y representa la quinta causa de muerte en grupos de edad de 5 a 14 años. Recordemos que el estilo de vida generado gracias a la Revolución verde (migración rural = confinamiento en ciudades; alimentos de baja calidad y agrotóxicos = enfermedad) contribuyó enormemente a las dos primeras causas: accidentes y cáncer. El 60% de los suicidios se producen en el curso de un trastorno emocional. En Estados Unidos, de 1998 a 2003, el uso de antidepressivos en niños preescolares aumentó un 66%. Y la necesidad de esos medicamentos se intensifica con la desconexión de los niños con la Naturaleza (Louv, op. cit.). Según Lagarberg *et al.* (2019), desde el 2006 hasta el 2013, los niños experimentaron el mayor aumento en la polifarmacia<sup>116</sup> con tres o más drogas psicotrópicas<sup>117</sup> (de 4,4 a 10,1%). Como si esto fuera poco, un estudio sueco (Le Zhang *et al.*, 2020) encontró que los adultos que recibieron algún tratamiento farmacológico para el TDAH, cuando eran niños, tenían un mayor riesgo de recibir tratamientos con medicamentos para trastornos respiratorios, alimenticios, del sistema metabólico y cardiovascular. Además, tenían mayor riesgo de recibir cualquier otro medicamento psicotrópico. Según este estudio, desde el 2013, la proporción de polifarmacia con cinco o más clases de medicamentos aumentó de 10,1% a 60,4%, en el grupo de edad de 18 a 64 años.

---

116- Abuso en la prescripción o en la toma de medicamentos.

117- Drogas elaboradas para afectar principalmente síntomas de trastornos mentales (no sus causas).

Estos problemas crecientes, sumado a la pandemia de la obesidad, alergias alimentarias y otras tantas enfermedades frecuentes en los niños y jóvenes modernos, se podrían haber anticipado y prevenido tan solo comprendiendo el concepto de “evolución” que vimos al inicio del libro.

Durante miles de años hemos estado en continua interacción con la Naturaleza, a tal punto que fuimos moldeados por ella. La Naturaleza estimulaba de forma armoniosa nuestros sentidos; nos ponía en contacto con millones de microorganismos que, junto con alimentos diversos de alta calidad biológica y actividad física constante, fortalecían nuestro sistema inmune. Además, los miles de obstáculos y desafíos estimulaban la creatividad, coordinación motriz e imaginación de los niños. Pero, de un día para el otro (pues eso representan 100 años en toda nuestra historia evolutiva), los niños pasaron a ser alimentados con comida chatarra, a vivir en un ambiente esterilizado, bajo estímulos audiovisuales constantes y excesivos. Así, su creatividad para jugar y aprender fue reemplazada por la industria de la animación. *¿Cómo puede repercutir este cambio abrupto de nuestro estilo de vida sobre nuestra salud? ¿Cuántos millones de años tendrán que pasar para que nuestro organismo se amolde a estos nuevos patrones ambientales? ¿Qué otras consecuencias negativas sobre nuestra salud ocurrirán a medida que este cambio se siga intensificando?*

Biológicamente no hemos cambiado tanto, seguimos siendo las mismas criaturas que en un principio (Louv, op. cit.). Seguimos necesitando de una alimentación diversa y de calidad, del contacto con millones de microbios, de hacer ejercicio, de trabajar en equipo y de relajarnos al contemplar la inmensidad de la Naturaleza. Por estos motivos, los seres humanos tenemos una afinidad innata con el mundo natural, una necesidad con bases biológicas e integral para nuestro desarrollo como individuos. Esto se refleja en los numerosos estudios que revelan cuán fuerte y positivamente responde la gente a los paisajes abiertos y cubiertos de hierba, bosques, praderas, agua, senderos serpenteantes y vistas elevadas (Rook y Brunet, 2002; Russell, op. cit.; Franco *et al.*, 2017; Louv, op. cit.).

Así lo revelan y corroboran las siguientes palabras del médico psiquiatra en ejercicio desde 1980, Augusto Cury (op. cit.):

Pusimos un televisor en la sala. Algunos padres, con mayores recursos, pusieron un televisor y una computadora en la habitación de cada hijo. Otros llenaron a sus hijos de actividades, matriculándolos en cursos de inglés, computación, música.

Tuvieron excelentes intenciones, sólo que no sabían que los niños necesitan tener infancia, que necesitan inventar, correr riesgos, frustrarse, tener tiempo para jugar y maravillarse de la vida [la Naturaleza]. No imaginaban hasta qué punto la creatividad, la felicidad, la osadía y la seguridad del adulto depende de las matrices de la memoria y de la energía emocional del niño. No comprendieron que la televisión, los juguetes fabricados, internet<sup>118</sup> y el exceso de actividades obstruían la infancia de sus hijos.

Creamos un mundo artificial para los niños y pagamos un precio carísimo.

Esperábamos que en el siglo XXI los jóvenes fueran solidarios, emprendedores y que amaran el arte de pensar. Pero muchos viven alienados, no piensan en el futuro, no tienen coraje ni proyectos de vida.

El conocimiento se multiplicó y el número de escuelas se expandió como en ninguna otra época, pero no estamos produciendo pensadores. La mayoría de los jóvenes, incluidos los universitarios, acumulan pilas de “piedras”, pero construyen poquísimas ideas brillantes. No por casualidad ellos perdieron el placer de aprender. La escuela dejó de ser una aventura agradable.

---

118- “Los niños interpretan y dan significado a un trozo de paisaje, y el mismo trozo puede ser interpretado de maneras diferentes. De hecho, el grado de inventiva y creatividad como la posibilidad de descubrimiento son directamente proporcionales al número de variables que existen en el juego o juguete. En este sentido, los bosques o arroyos resultan ser los lugares de juego más potentes para la imaginación. La Naturaleza, que excita todos los sentidos, sigue siendo la fuente más rica de piezas sueltas. Por el contrario, un muñeco de policía, por ejemplo, es normalmente un policía; un niño raramente lo convierte en otra cosa. La Naturaleza es mucho más cautivadora, proporciona al niño modos de expresar lo que lleva dentro” (Nicholson, 1974 y Santostefano, 1999; citado en Louv, op. cit.). En cuanto a internet, ningún “medio ambiente electrónico” estimula los sentidos de manera tan armoniosa como lo hace la Naturaleza. “De momento, Microsoft no vende nada que se asemeje al código de la Naturaleza” (ibíd.).

Simultáneamente, los medios los sedujeron con estímulos rápidos y ya listos. Se volvieron amantes del “fast food” emocional. La televisión transporta a los jóvenes, sin que ellos hagan esfuerzos, hacia excitantes encuentros deportivos, hacia el interior de una aeronave, hacia el centro de una guerra y hacia un dramático conflicto policial.

Este bombardeo de estímulos no es inofensivo. Actúa en un fenómeno inconsciente de mi área de investigación llamado *psicoadaptación*, el cual aumenta el umbral de placer de la vida real. Con el tiempo, niños y adolescentes pierden el placer por los pequeños estímulos de la rutina diaria.

Necesitan hacer muchas cosas para tener un poco de placer, lo cual genera personalidades fluctuantes, inestables, insatisfechas. Tenemos una industria del ocio compleja. Deberíamos tener la generación de jóvenes más felices que hayan pisado alguna vez la Tierra. Pero produjimos una generación de insatisfechos.

Nunca el conocimiento médico y psiquiátrico fue tan grande, y nunca las personas tuvieron tantos trastornos emocionales y tantas enfermedades psicosomáticas. La depresión raramente afectaba a los niños [al igual que el cáncer - Carson, 1962-]. Hoy hay muchos niños deprimidos y sin gusto por la vida. Preadolescentes y adolescentes están desarrollando obsesión, síndrome de pánico, fobia, timidez, agresividad y otros trastornos de ansiedad.

¿Y el estrés? No solo es común detectar adultos estresados, sino también jóvenes y niños. Tienen frecuentemente dolor de cabeza, gastritis, dolores musculares, sudor excesivo, fatiga constante de base emocional.

[Como docentes y, primeramente, como padres]. Necesitamos archivar esta frase y no olvidarla nunca: cuanto peor sea la calidad de la educación, más importante será el papel de la psiquiatría en este siglo ¿Vamos a observar pasivamente cómo la industria de los antidepresivos y tranquilizantes se convierte en una de las más poderosas del siglo XXI? ¿Vamos a observar pasivamente cómo nuestros hijos son víctimas del sistema social que creamos? ¿Qué hacer ante esta problemática?

Los docentes nos enfrentamos a estudiantes que perdieron el verdadero interés de aprender, su principal motivo de asistir a clases es el de obtener un título para conseguir trabajo y poder ganar dinero suficiente para “vivir bien”. Se perdió el interés por construir un mundo mejor, profesionales así son presa fácil del soborno y otras formas de dinero fácil, sin importar las consecuencias negativas que esto pueda producir sobre el bienestar de sus compatriotas. Simplemente se adaptan al sistema de “vivir para tener”.

Vivimos para trabajar y, en nuestro afán de tener más para “gozar de seguridad”, dejamos a la familia en segundo lugar, olvidamos que nuestros hijos serán responsables de decisiones que impactarán en la vida de muchos. Incluso la juventud dejó de apostar por la familia, casi no existe el compromiso y muchas veces los mismos adultos lo desalientan. El egoísmo domina nuestras decisiones.

El Estado se olvidó que la familia es la única fábrica de ciudadanos, que de la calidad de los ciudadanos depende el futuro de la patria. En consecuencia, el bienestar emocional, nutricional (juntos hacen a la salud) y económico de las familias se vuelve crucial para apuntar a un futuro mejor. Salud que depende no solo de nuestra conexión con la naturaleza, sino también de la calidad de los alimentos y el ambiente, calidad que depende de la forma de tratar al suelo, que es nuestro origen.

Para la gente urbanizada, el origen de los alimentos y la realidad de la naturaleza se vuelven abstractas. Al mismo tiempo, la gente de la ciudad adopta una actitud protectora hacia los animales o les tienen miedo, dado que tendemos a temer o glamurizar lo que no entendemos (Louv, op. cit.). Esta glamurización creciente por lo desconocido es, quizás, la causa de una población vegetariana en crecimiento, cuya ideología fue impulsada principalmente por los medios de comunicación; pues en su mayoría viven en grandes ciudades aislados de la naturaleza, con un conocimiento sobre su funcionamiento muchas veces nulo y en otros casos pobre, ignorando totalmente la procedencia de la principal proteína vegetal comercializada (soja), y desconocen las consecuencias de su producción masiva, la abrumadora superficie de bosques talados, las millones de toneladas de suelo erosionado y todos los pueblos rurales devastados<sup>119</sup>.

119- Para más detalles al respecto, recomiendo la lectura Malcomidos (2015), de Soledad Barruti.

No se dan cuenta que la cantidad de carbono en la atmósfera es tal y que, por más que las emisiones se eliminen en un 100% (para lo que habría que eliminar el petróleo y la industria, es decir, su actual estilo de vida, no solo el confinamiento animal), el planeta se seguirá calentando. Ignoran totalmente que el secuestro es tan o más importante que la disminución de la emisión. Ignoran que la ganadería racional es la única herramienta productiva que se puede aplicar en todos los pastizales del mundo (por pequeños, medianos y grandes productores), con la inigualable capacidad de secuestrar carbono atmosférico y de almacenarlo de manera estable en el suelo (esto sin contar la tasa de secuestro de los árboles en sistemas silvopastoriles). De hecho, según Kittredge (2015), si se utilizaran todos los pastizales del mundo bajo un manejo racional y se eliminaran las emisiones al mismo tiempo, el nivel de C atmosférico podría llevarse a niveles preindustriales en tan solo 5 años. Seguramente, el negocio multimillonario de omega 3, ácido linoleico conjugado, ácido fólico y suplementos minerales, y vitamínicos no tendría el éxito que tiene, pues los obtendríamos naturalmente mediante el consumo de huevos, carnes, leche (y derivados), frutas y verduras, y ya no en una farmacia. Al Estado argentino le costaría mucho menos mantener ciudadanos sanos, pero *¿a qué gobierno le sirve una política de largo plazo?*, *¿cómo mantener una política de largo plazo en vigencia, si lo que propone e inicia un partido político es criticado y cancelado por el nuevo que asume?*, *¿cuándo aprenderemos a llegar a un acuerdo a pesar de nuestras diferencias?* El destino de nuestro país depende de esto último.

Vemos así que la sociedad se encuentra ya mal informada, enemistada y, por lo tanto, lista para aferrarse a la nueva revolución: *la comida 3D*. Cuyas proyecciones indican que, para el 2030, la industria ganadera estará en bancarrota<sup>120</sup>. De esta forma, se habrá eliminado la única forma de aplicación masiva para secuestrar carbono atmosférico. Muchas familias ganaderas en todo el mundo quebrarán *¿Se intensificará la migración rural y sus consecuencias (enfermedad, vandalismo, competencia, estrés, depresión, drogadicción, entre otras)? ¿Se concentrará aún más la riqueza o poder? ¿Será realmente segura y saludable esta comida 3D (así como aseguraban que el glifosato se inactivaba en el suelo)? ¿Cuánto más se aleja esta nueva comida de nuestro origen? Si la carne obtenida en laboratorio es súper magra, ¿cómo*

120- Consultado (en línea) el 09/02/2021, en [www.rethinkx.com/food-and-agriculture](http://www.rethinkx.com/food-and-agriculture)

*podría tener las mismas cualidades nutricionales que la carne de herbívoro criado a pasto, si el omega 3 y el ácido linoleico conjugado se encuentran en la grasa? ¿Cuánto más nos hacemos dependientes (por lo tanto, vulnerables) de la industria?*

## **Participación del Estado**

A lo largo del libro se han mencionado varias intervenciones estatales que, como ejemplo, deberían ocurrir para fomentar la producción agroecológica. *No se le pide al Estado nada que no haya hecho por la producción agropecuaria industrial.* El Estado ha tenido participación activa para la promoción y aplicación en todo el país de la forma convencional de producción. Para dar algunos ejemplos, en 1964, el Secretario de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, el Ing. Agr. Walter F. Kugler (1964), redactó un extenso discurso sobre la necesidad de instalar en nuestro país las tecnologías que permitían, en EE. UU., duplicar la producción y disminuir el costo al mismo tiempo, haciendo mención a esto como “Revolución tecnológica, la llave del éxito” (pág. 68). Además, mencionó al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) como el primer gran paso que se dio hacia la adopción de estas nuevas tecnologías, y dijo que la educación de los futuros Ingenieros Agrónomos sería crucial para la propagación de las nuevas tecnologías. La Dirección de Informes de la Secretaría, mencionada, recopiló sus discursos y editó un libro de 399 páginas. En menos de un año se imprimieron 1000 ejemplares y se distribuyeron en todas las instituciones afines del país<sup>121</sup>.

El Estado, mediante el INTA (Ley N° 21.680/56<sup>122</sup>), luego del golpe cívico-militar (1976-1983), desvió sus intereses hacia el crecimiento y fuerte expansión del sector privado (nacional y extranjero), por ejemplo, creando cooperadoras para la propagación de variedades nacionales de 121- Mi abuelo, al ser Secretario de Asuntos Agrarios en Jujuy, recibió un ejemplar en 1966.

122- En los justificativos de esta Ley, antes de mencionarse la necesidad de aumentar los rendimientos, se habla de “velar por la conservación de los recursos naturales que constituyen el patrimonio fundamental”. Las consecuencias negativas de la adopción masiva de las nuevas tecnologías son la evidencia de que esta premisa (al igual que la del inciso c de la misma Ley: apoyar las familias y comunidades rurales) se perdió en el olvido.

cultivos; dichas cooperadoras estaban integradas por los productores más grandes de cada zona, por lo que, más tarde, se perdió el sentido de “cooperadora” y se privatizaron, adquirieron la licencia exclusiva para la multiplicación y venta de los materiales genéticos públicos. Los medianos y pequeños productores, entonces, quedaron fuera de tal beneficio, teniendo que comprar las semillas a tales asociaciones privadas (Gárgano, 2013). El Estado impulsó la capacitación de profesionales con becas en distintos centros de investigación del país y del exterior (al igual que ocurrió en Brasil -Pinheiro Machado y Pinheiro Machado Filho, 2016-) y modificó todo un plan de estudio para que en las Facultades de Ciencias Agrarias del país se enseñara únicamente la manera industrial de producción.

En cuanto a la soja (para seguir ejemplificando, el rol activo del Estado para promover el modelo industrial de producción), la primera medida que se tomó para iniciar la expansión de su cultivo fue la de crear, a finales de los años cincuenta, un convenio entre INTA y *Agrosoja* (filial local del laboratorio extranjero *Brandt Laboratorios S. A.*); donde el INTA aportaría el espacio, las maquinarias y los recursos humanos para los ensayos necesarios, mientras que *Agrosoja* aportaría dinero para investigadores auxiliares y para la importación de variedades de soja. De esta manera, luego de encontrarse una variedad de soja con un mejor comportamiento, el INTA también se encargó de adaptar y difundir el nuevo cultivar en las distintas zonas agrícolas (ibíd.), apoyando al productor con capacitaciones y material bibliográfico, también, a cargo del INTA (Piquin y Porzio, 1971). Como si fuera poco, durante la década del 70, el Estado puso en marcha una serie de medidas buscando resolver la limitante económica del resultado, y se actuó sobre el precio ya que los rendimientos, por tratarse de un cultivo nuevo y poco conocido, eran muy bajos (Pena de Ladaga y Berger, 2015). De hecho, los precios de la soja nunca fueron tan altos como en los años setenta (ver Gráfico N° 36). De esta manera, y omitiendo otras intervenciones estatales a través del INTA<sup>123</sup>, el “boom” de la soja inició, y *Agrosoja* (más tarde, muchas otras empresas privadas) lograba una riqueza genuina.

En los años 90, la demanda creciente de carne de calidad uniforme de forma continua, por parte de las grandes cadenas comerciales

---

123- Ver Gárgano, op. cit.

(hipermercados), fue un fuerte propulsor para la instalación del *feedlot*<sup>124</sup>. No obstante, el Estado inició, entonces, una serie de incentivos al engorde a corral mediante un sistema de compensaciones establecido por el gobierno nacional a través de la Resolución N° 1378/2007, lo que logró, en 3 años, un incremento de casi un 75% en el número de *feedlot* en el país (Robert *et al.*, 2009).

Entonces, entendamos que, cuando un gran productor sojero o *feedlotero* afirma con orgullo que todo se consigue trabajando y que el Estado no debería ayudar a nadie, es porque ignora la incalculable cantidad de recursos públicos que se usaron para que la forma de producción (industrial) que él practica tomara vuelo.

De esta forma, cabe que nos preguntamos sobre las siguientes cuestiones: *¿con qué ayuda estatal cuentan los productores que quieren cambiar de lo convencional a lo agroecológico para compensar económicamente la merma de rendimientos típica de la transición, o para adquirir las instalaciones necesarias para el manejo racional?, ¿qué oferta de becas existe para capacitación de posgrado para los profesionales interesados en la Agroecología?, ¿qué institución estatal de gran envergadura se dedica full time en todo el país a la extensión, estudio e investigación para lograr la adopción de los pilares fundamentales de la Agroecología?, ¿cuándo se modificará el plan de estudio de las Facultades de Agronomía del país para empezar a enseñar Agroecología de manera consistente?*

124- Notemos lo siguiente:

-Es el consumidor el que tiene el inmenso poder de generar cambios radicales en la manera de producir alimentos. Mediante la demanda, puede transformar esquemas enteros de producción (son, hoy en día, los que están generando un cambio rotundo en la producción de proteína animal: la comida 3D).

-Cuando el consumidor carece de información sobre lo que come, la forma en que se produce y sus consecuencias socioambientales, termina demandando alimentos que pueden, literalmente, destruirnos (baja calidad biológica, erosión de suelo, contaminación ambiental, migración rural, concentración de riqueza, etc.)

-Los medios de comunicación, aprovechando la desconexión real con el mundo natural, pueden manipular la demanda mediante la desinformación social para fines comerciales de escala mundial (por ejemplo: población creciente de vegetarianos que demandan la eliminación de la ganadería, sin discriminar entre tipos de ganadería).

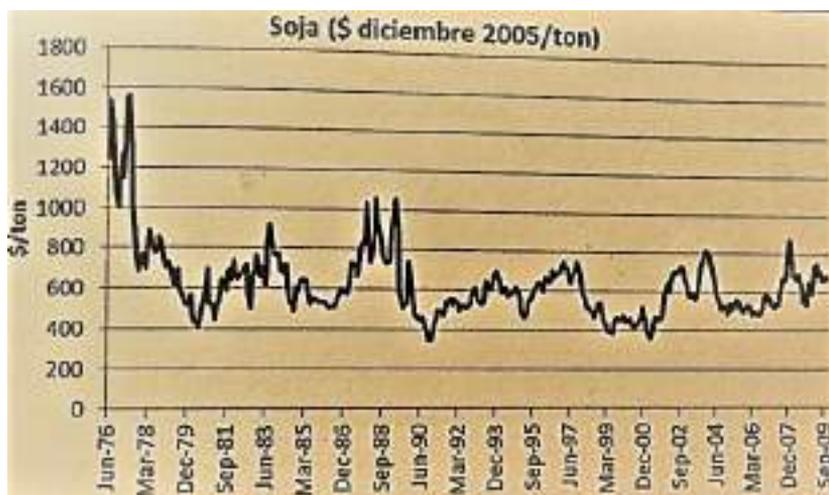
En pocas palabras, los medios de comunicación y la desinformación social son herramientas poderosas para dirigir la demanda hacia conveniencias comerciales de los que concentran el 90% de la riqueza mundial (creadores e inversores de la comida 3D).

### ***Si es tan buena, ¿por qué no la practica todo el mundo?***

La Agroecología, al no vender nada, al promover la autonomía del productor<sup>125</sup> y la producción de alimentos (no tanto de mercancías<sup>126</sup>), no llama la atención a ninguna gran empresa privada (nacional o extranjera) que el Estado “necesita” para asociarse e iniciar el *boom* de la Agroecología.

Debido a la desinformación, es decir, a la falta de interés público, privado y, por lo tanto, político, se da poca importancia y se destinan pocos recursos a la Agroecología. Así, por lo tanto, aunque se podrían haber solucionado las consecuencias negativas de la Revolución verde, todavía no se cumplió tal objetivo; sin embargo, ya tenemos una nueva revolución (gestionada con los mismos intereses de la Revolución verde) pisando nuestros talones. *¿Cómo será apoyada por el Estado?*

Gráfico N° 36: Precio de la Soja a lo largo del tiempo



Fuente: Pena de Ladaga y Berger, op. cit.

Así, se hace necesario invitar a todos a la reflexión de los hechos y al trabajo en equipo. Como Universidad estatal debemos maximizar el

125- Este beneficio de la Agroecología atenta contra el negocio multibillonario de los productos químicos y las semillas patentadas, pero garantiza el desarrollo rural del país.

126- Este beneficio de la Agroecología atenta contra el negocio multibillonario de los commodities, pero garantiza la soberanía alimentaria del país.

bienestar social mediante la obtención de profesionales éticos que apunten a buscar un equilibrio entre tecnología y Naturaleza.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

Se cree oportuno traer al lector el Testamento Médico que, publicado en 1939, es hoy más que nunca de suma importancia y urgencia darlo a conocer a los estudiantes de nuestra Facultad de Ciencias Agrarias (UNJu) y a toda persona que tenga influencia directa sobre la producción de nuestros alimentos, pues, es en el suelo donde empieza la salud de las personas, por lo tanto, la prosperidad de una nación.

### **El Testamento Médico**<sup>127</sup>

El Comité del Panel de Cheshire el 22 de marzo (1939) hizo público un “Testamento médico” firmado por sus treinta y un miembros sobre “nutrición y su relación con la agricultura”. La ocasión fue una reunión en Crewe a la que asistieron unos 600 representantes de las autoridades locales de salud del condado, la Unión de Agricultores y la profesión médica.

Después de que el presidente, el Dr. John Kerr, presentó el documento, Sir Robert Mc Carrison y Sir Albert Howard hablaron en su apoyo. Sir Robert Mc Carrison, en su discurso, dijo que había, en su opinión, cuatro fallas principales en las dietas de la gran masa de la gente de este país: (1) el uso de harina de trigo desnaturalizada; (2) uso excesivo de alimentos con carbohidratos; (3) uso insuficiente de vegetales verdes frescos; (4) uso insuficiente de leche segura y también el gran consumo de carne y otros alimentos de origen animal, una práctica tan innecesaria como antieconómica.

---

127- Consultado y extraído (en línea) en [http://journeytoforever.org/farm\\_library/medtest/medtest.html](http://journeytoforever.org/farm_library/medtest/medtest.html) y Rodale, 1946.

Sir Albert Howard sostuvo que la fertilidad del suelo debe ser la base del sistema de salud pública del futuro, y que la agricultura debe ocupar su lugar como base de la medicina preventiva. Los médicos, así como los expertos en nutrición, dijo, se estaban dando cuenta de que un suelo fértil y productivo era un activo que debería desarrollarse en interés de la nación. Una resolución que aceptaba el testamento fue propuesta por el Lord-Teniente, Sir W. Bromley Davenport, secundada por el Dr. Boswell de Runcorn, y fue aprobada por unanimidad. Dos meses después, el científico Richard R. Bomford publicó el suplemento "Medical Testament" on Nutrition en la *British Medical Journal*, (13 de mayo de 1939, Londres) donde escribió sobre la necesidad de poner más interés para continuar y profundizar los estudios publicados en el Testamento Médico.

### **Testamento Médico**

#### **Condado Palatino de Chester**

#### **Comité local médico y de panel<sup>128</sup>**

22 de marzo de 1939

Después de más de un cuarto de siglo de beneficios médicos bajo la Ley Nacional de Seguro de Salud, nosotros, los miembros del Comité Médico Local y del Panel de Cheshire, sentimos que estamos en condiciones de revisar nuestra experiencia del sistema.

Constituida por el estatuto con el objeto de representar la junta de un distrito, una comisión de esta naturaleza está en contacto con todos los médicos de familia -en el caso de Cheshire alcanzan unos 600- dentro de sus límites y en sus alrededores. ¿Hasta qué punto ha cumplido la Ley el objeto anunciado en su título: "Prevención y cura de la enfermedad"? Del segundo objetivo podemos hablar con confianza. Si "la postergación de la muerte" es evidencia de curación, ese objetivo se ha logrado: la mayor esperanza de vida que muestran las cifras las Estadísticas Demográficas es atribuible a varios factores;

---

128- Los números entre corchetes son las referencias bibliográficas que se detallan al final del testamento. Además, entre paréntesis hay comentarios propios.

pero ciertamente no menos importante a los servicios de la Junta. La caída de la mortalidad es aún más notable en vista del aumento de la enfermedad. Año tras año, los médicos han consultado con cada vez con más frecuencia, y las reclamaciones sobre los fondos de ayuda de las Sociedades han tendido a aumentar. Del primer elemento, “la prevención de la enfermedad”, no es posible decir que se ha cumplido la promesa del Proyecto de Ley. Si bien el médico puede señalar al hombre enfermo las causas del mal que lo aqueja, su necesidad inmediata es primordial, y rara vez el momento es oportuno para cualquier ensayo en medicina preventiva, incluso si no es demasiado tarde. En ese primer y mayor recuento, la Ley no ha hecho nada. Creemos que se debe enfrentar esa verdad. Nuestro trabajo diario nos lleva repetidamente al mismo punto: “¡Esta enfermedad es el resultado de una vida entera de nutrición incorrecta!” La mala alimentación comienza antes de que comience la vida. “No apto para ser madre”, por desnutrición o anemia nutricional, es la opinión frecuente en casos de muerte de una madre. Para uno de estos casos fatales, hay cientos menos agudos, donde las madres frágiles y los bebés enfermos sobreviven.

### **Una acusación**

El reproche de los malos dientes de los niños ingleses es una vieja historia. En 1936 de 3.463.948 escolares examinados, 2.425.299 necesitaban tratamiento dental. [1] Considerando que los dientes permanentes se desarrollan a partir de la semana 17<sup>o</sup> de embarazo, y que ciertos alimentos, conocidos con precisión desde 1918, [2] son la condición de su crecimiento adecuado, esa condición podría ser suprimida. Las caries dentales están acompañadas de una hueste de enfermedades. Que es posible suprimirlas, lo ha demostrado Tristán da Cunha. La mayoría de la población de esa pequeña isla, personas de buena raza, que viven del producto del mar y el suelo, tienen dientes perfectos que les duran toda la vida. El raquitismo, típico de Inglaterra cuando Glisson lo describió en 1650, todavía existe entre nosotros. Las deformidades graves son más raras, pero las cabezas grandes, los

abdomenes prominentes, las pieles flácidas, las articulaciones engrosadas y los pechos hundidos son comunes en la infancia; e incluso en edad escolar se encontraron en 1936 3.457 casos de raquitismo y otros 6.415 de desviación de columna vertebral, entre 1.777.031 niños inspeccionados por el Cuerpo Médico Escolar. [3] Sin embargo, su prevención mediante una alimentación adecuada es tan fácil que hasta todo criador de perros sabe qué debe hacer. [4] El raquitismo es un gran contribuyente a la población C3. La Comisión de Mortalidad Materna descubrió que hay mucho menos casos en Holanda, donde abundan la mantequilla, la leche y el queso, y las mujeres, en virtud de su desarrollo esquelético generalmente saludable, están protegidas contra los riesgos que comúnmente acechan a las mujeres en las zonas industriales de Inglaterra. [5] Hay dos tipos de anemia nutricional, una sutil y de fácil suceder durante el embarazo, la otra simple y debido a la escasez de hierro en el alimento. [6] Se sabe que la anemia, especialmente de este último tipo, es común, especialmente entre niños y mujeres, que necesitan mucho más hierro en sus alimentos que los hombres. Una investigación sobre la alimentación de 1.152 familias mostró que un 10% gastaba 4 chelines semanales por cabeza en alimentos, otro 10% más de 14 chelines, mientras que los cuatro grupos restantes del 20% gastó 6 chelines, 8 chelines, 10 chelines y 12 chelines respectivamente. La comida de los tres grupos inferiores era definitivamente deficiente en hierro. [7] De esto se desprende que la anemia nutricional es mucho más común entre las clases más pobres de lo que se reconoce. Aquí hay un ejemplo: el color de la sangre se examinó en dos grupos de niños en edad escolar, un grupo perteneció a una "muestra de rutina" de niños, el otro fue especialmente seleccionado entre los más pobres. Las tres cuartas partes de los niños supuestamente normales y solo la mitad de los niños pobres tenían un color de sangre del 70% de lo normal. [8] El elemento final de nuestra acusación es el estreñimiento. Los laxantes y purgantes anunciados son una medida de su incidencia, y la gran cantidad de trastornos digestivos que resultan de ella son una proporción sustancial de las condiciones para las cuales se busca nuestra ayuda, como médicos. Sin embargo, la causa en todos los casos, aparte de las

anormalidades raras, es la mala elección o la mala preparación de los alimentos. Es cierto que se nos consulta sobre estas afecciones cuando se establecen y tenemos que lidiar con los efectos (cálculos biliares, apendicitis, úlcera gástrica, úlcera duodenal, colitis y diverticulitis) acumulados a través de los años en los que el cuerpo ha sido privado de *ESTE* componente necesario de la comida o se lo ha cargado en exceso de *AQUEL OTRO*. En esta etapa tardía se requieren otros medios de cura que la alimentación adecuada (prevención); pero la causa principal, sin embargo, fue una nutrición incorrecta.

### **Investigación convincente**

Estos cuatro males enumerados: dientes defectuosos, raquitismo, anemia y estreñimiento, servirán como cabezas de nuestra acusación; pero en realidad son solo un fragmento de todo el conocimiento sobre deficiencias alimentarias que diferentes investigadores, desde Lind [9] y el Capitán Cook [10] hasta Hopkins [11] y los Mellanby [2, 4] han descubierto. Pero nos parece que Sir Robert McCarrison ha proporcionado la clave maestra que admite la aplicación práctica de este conocimiento en su conjunto. [12] Sus experimentos brindan pruebas convincentes de los efectos de los alimentos y una guía en la aplicación de los conocimientos adquiridos. Al describir sus experimentos, que se hicieron en la India, menciona en primer lugar las muy diferentes razas de las que se compone la población, que alcanza 380 millones de personas. "Cada raza tiene su propia dieta nacional". Ahora, lo más sorprendente de estas razas es la forma en que difiere su físico. Algunos tienen un físico espléndido, otros tienen un físico pobre y otros tienen un físico mediocre ¿Por qué existe esta diferencia entre ellos? Hay, por supuesto, una serie de posibles causas: herencia, clima, costumbres religiosas y de otro tipo, y enfermedades endémicas. Pero al estudiar el asunto, se hizo evidente que éstas no se trataban de causas principales. La causa principal parecía ser la alimentación. Por ejemplo, hubo razas en las que diferentes secciones se vieron afectadas por todas estas afecciones enunciadas, pero cuya comida era diferente. Su físico era diferente, y

lo único que podría haber causado que fuera diferente parecía ser la comida. La pregunta era cómo demostrar que la diferencia en el físico de las diferentes razas indias se debió a la comida. “Para responderlo, realicé un experimento con ratas blancas para ver qué efecto tendrían sobre ellos las dietas de estas diferentes razas cuando se proporcionan todas las otras cosas necesarias para su nutrición adecuada. Las razones para usar ratas en experimentos de este tipo es que comen cualquier cosa que un hombre coma, son fáciles de mantener limpios, pueden usarse en grandes cantidades, sus jaulas pueden exponerse al sol, el ciclo de los cambios químicos de los que depende su nutrición es similar a la del hombre, y un año en la vida de una rata equivale a unos veinticinco años en la vida de un ser humano. De modo, en pocos meses se obtiene con ratas, resultados que llevaría años en el hombre”. “Lo que encontré en este experimento fue que cuando se alimentaban ratas jóvenes en crecimiento, de ascendencia sana, con dietas similares a las de las personas cuyo físico era bueno, el físico y la salud de las ratas eran buenas, cuando se alimentaban con dietas similares a las de personas cuyo físico era malo, el físico y la salud de las ratas eran malas, y cuando se alimentaban con dietas similares a las de las personas cuyo físico era mediocre, el físico y la salud de las ratas eran mediocres”. [12]

Un grupo especial al que alimentó con la comida de Travancore, en el que hay una proporción considerable de tapioca, reveló un porcentaje mucho mayor de casos de úlceras gástricas y duodenales que los otros grupos. Esto fue informativo, ya que la gente de Travancore sufre de úlcera péptica con mucha más frecuencia que los otros pueblos de la India.

“Por consiguiente, el físico bueno o malo, según sea el caso, se debió a una dieta buena o mala, siendo iguales todas las demás cosas. Además, la mejor dieta era la de ciertas razas resistentes, ágiles, vigorosas y saludables del norte de la India.” [Ver Hunza, [13] Sikh y Pathan.] “Estaba compuesto de harina de trigo integral recién molida, de la cual se hacen panes sin levadura, leche y sus derivados (mantequilla, cuajada, suero de leche), legumbres (guisantes, frijoles, lentejas),

vegetales frescos de hoja verde, raíces (papas, zanahorias), frutas y ocasionalmente carne.”

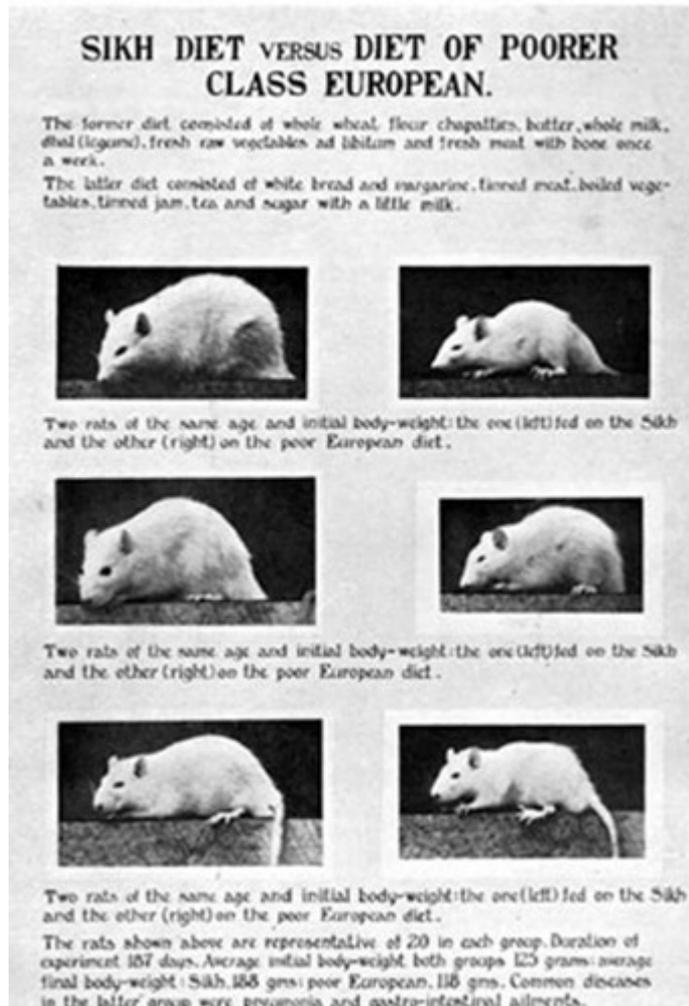
“En mi laboratorio mantenía un stock de varios cientos de ratas con fines de reproducción. Vivían en condiciones ideales: limpieza, jaulas espaciales, buenas camas, abundante agua fresca, aire fresco y luz solar, y recibían además una alimentación similar a la de una raza cuyo físico era muy bueno. Se mantuvieron en el plantel desde el nacimiento hasta la edad de 2 años, un período equivalente a los primeros cincuenta años de vida de los seres humanos. Durante este período, no se produjo ningún caso de enfermedad entre ellos, ni muerte por causas naturales, ni mortalidad materna, ni mortalidad infantil, salvo una muerte accidental ocasional. En este stock protegido se aseguró la buena salud y se previnieron las enfermedades mediante la combinación de seis cosas: *aire fresco, agua pura, limpieza, luz solar, comodidad y buena comida*<sup>129</sup>. Los seres humanos no pueden, por supuesto, estar tan protegido como estas ratas, pero el experimento muestra cuán importantes son estas cosas para mantener la salud.

---

129- Aire fresco, agua pura y buena comida son lo que deberíamos proporcionar, como *profesionales* éticos encargados de la producción de alimentos, a la sociedad que financia nuestros estudios.

## Ilustración de “Nutrición y salud” de Sir Robert McCarrison (Faber y Faber, 1944)

- las ratas alimentadas con la dieta inglesa se volcaron al canibalismo.



### Dieta y enfermedad

“El siguiente paso fue descubrir qué parte de esta notablemente buena salud y ausencia de enfermedades se debió a la buena comida: alimentos que consisten en tortas de harina integral, mantequilla, leche, vegetales verdes frescos, legumbres germinadas, zanahorias y ocasionalmente carne con hueso para mantener una buena dentadura.

Por lo tanto, eliminé la leche y los productos lácteos de su dieta, o los reduje al mínimo, así como también reduje el consumo de vegetales frescos, dejando todas las demás condiciones iguales ¿Cuál fue el resultado? Aparecieron enfermedades pulmonares, estomacales, intestinales, renales y vesicales. Por lo tanto, era evidente que la buena salud dependía de la buena dieta más que de cualquier otra cosa, y que sólo se mantenía la salud mientras se consumía con integridad del mismo: en realidad, mientras contuviera bastante leche, manteca y verduras frescas.

“Se realizaron muchos más experimentos que demostraron que, cuando las ratas u otros animales se alimentaban con dietas constituidas incorrectamente, como las que habitualmente usan algunos seres humanos, desarrollaron muchas de las enfermedades que estos seres humanos tienden a sufrir: enfermedades de estructura ósea, de la piel y de las membranas que recubren sus cavidades y conductos; enfermedades de las glándulas cuyos productos controlan su crecimiento, regulan sus procesos y le permiten reproducirse a sí mismo, enfermedades de esos mecanismos altamente especializados. - el tracto gastrointestinal y los pulmones - diseñados para su alimentación; enfermedades de los nervios. Todo esto se produjo en animales en condiciones experimentales alimentándolos con dietas humanas defectuosas”. Aquí hay un ejemplo de tal experimento: dos grupos de ratas jóvenes de la misma edad fueron encerrados en dos jaulas grandes del mismo tamaño. Todo era igual para cada grupo excepto los alimentos. Un grupo fue alimentado con una buena dieta, similar a la de una raza del norte de India cuyo físico y salud eran buenos, y de los cuales la composición se mencionó arriba. El otro se alimentaba con una dieta de uso común por muchas personas en este país, una dieta que consistía en pan blanco y margarina, carne en conserva, verduras hervidas con sal, mermelada barata enlatada, té, azúcar y un poco de leche, es decir, una dieta que no contiene suficiente leche y derivados, vegetales de hoja verde y pan integral para una nutrición adecuada.

Sucedió lo siguiente: “Las ratas alimentadas con una buena dieta crecieron bien; no hubo enfermedad entre ellas y vivieron felices

juntas. Las que se alimentaron con la mala dieta no crecieron bien; muchas enfermaron y vivieron infelizmente juntas, tanto es así que, para el día 16 del experimento, las ratas más fuertes comenzaron a matar y comer a las más débiles, por lo que tuve que separarlas. Las enfermedades que padecían eran de tres tipos principales: enfermedades de los pulmones, el estómago y los intestinos; también de los nervios siendo las mismas que padece una de cada tres personas enfermas entre las clases aseguradas en Inglaterra y Gales". [12]

Estas investigaciones se hicieron minuciosamente a gran escala, y a excepción de la comida, las condiciones de cada grupo eran idénticas e ideales. A nuestro modo de ver, sus resultados son enteramente consistentes, especialmente porque aquellos entre nosotros que pudimos aprovechar la lección, hemos quedado sorprendidos por el beneficio otorgado a los pacientes que han adoptado la dieta revisada a la que apunta esa lección. [14]

### **El defecto y el remedio**

Está lejos del propósito de esta declaración abogar por una dieta particular. Los esquimales en base a carne, hígado, grasa y pescado; los Hunza o Sikh sobre chapattis de trigo, fruta, leche, legumbres germinadas y un poco de carne; los habitantes de Tristán en sus papas, huevos de aves marinas, pescado y repollo, son igualmente saludables y libres de enfermedades. Pero hay algún principio o calidad en estas dietas que está ausente o deficiente en los alimentos de nuestra gente de hoy en día. Nuestro propósito es señalar este hecho y sugerir la necesidad de remediar el defecto.

Es difícil descifrar algunos factores comunes a todas estas dietas, y un intento de hacerlo puede ser engañoso, ya que el conocimiento de cuáles son esos factores aún está lejos de ser completo; pero por lo menos se puede decir que, en la mayoría de los casos, se trata de alimentos frescos, poco alterados por la preparación y completos; [22] y que, en el caso de los que derivan de la agricultura, el ciclo natural es: Residuos de Animal y Vegetal -> Suelo -> Planta -> Alimentos -> Animal -> Humano. [15]

No interviene ninguna etapa química o de sustitución<sup>130</sup>. [23] El trabajo de Sir Albert Howard sobre la nutrición de las plantas, iniciado en Indore y llevado desde la India a muchas partes del mundo, parece constituir un vínculo natural en este ciclo. [16]

Ha demostrado que el antiguo método chino, [17] de regresar al suelo, una vez tratados, la totalidad de los desechos animales y vegetales que se producen como resultado de las actividades humanas, produce cosechas sanas y productivas, y salud a los animales y a los hombres que con ellas.

“En las células de la hoja, las sustancias simples obtenidas del suelo y la atmósfera se sintetizan mediante la energía de la luz solar en carbohidratos y proteínas. Los hongos y bacterias en el montón de compost, prácticamente deshacen esta síntesis hasta que se alcanza una condición relativamente estable de materia orgánica en forma de humus. Este es el verdadero alimento del suelo y del cultivo. La segunda etapa en la descomposición de los materiales hechos por la hoja solo se alcanza cuando los organismos del suelo oxidan el humus en sustancias simples que pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas. La rueda de la vida ha completado una sola revolución. No es difícil entender que el uso de fertilizantes artificiales en la alimentación del cultivo deja de lado una parte del ciclo esencial de la naturaleza; el estímulo artificial aplicado año tras año y al mismo tiempo inevitablemente debe engendrar males, cuya extensión es total, pero, sin embargo, tenuemente vistos. La relación entre calidad y rendimiento, por ejemplo, no se presta a fórmulas científicas. Puede llegar el momento en que el rendimiento dependerá por completo de la calidad, pero la calidad nunca puede depender en ningún caso del rendimiento. El abono obtenido en fábricas es el eslabón débil en la cadena de la economía agrícola”.

Nos parece obvio que el nuevo conocimiento de la nutrición obliga a nuestra profesión a volver a la visión hipocrática, en la medida en que la ha abandonado, de que un médico es naturalista (*phusikos*) y

---

130- Procesos industriales (ver Pottenger, 1980).

conocer los otros eslabones del ciclo de la Naturaleza, así como del hombre, su paciente. Porque solo así puede entender a su paciente. Sin pretender el conocimiento agrícola, podemos apreciar la influencia del descubrimiento de Sir Albert Howard en nuestro trabajo.

### **Contribución de la agricultura**

Entendemos que su descubrimiento puede aprovecharse de los problemas de salud pública, de la disposición sanitaria de los desechos municipales y de las aldeas. [18], [19] y [20]. Si bien no nos incumbe la responsabilidad directa de estos problemas, nos interesa muy de cerca la mejor forma de abonar (hoy en día diríamos “de manejar”) las tierras del país en fin de que provean una sucesión amplia de alimentos frescos [23] para las mesas de nuestros pobladores, y se detenga el actual agotamiento del suelo reestableciendo y manteniendo la fertilidad del mismo en forma permanente (esto sería, fomentar los procesos naturales de mantención de fertilidad del suelo). Porque la nutrición y la calidad de los alimentos son factores primordiales de salud. Ninguna campaña en pro de la Salud Pública puede tener éxito, si no son sanos los materiales de los cuales se nutren nuestros cuerpos. Actualmente no lo son (y hoy en día, año 2020, lo son aún menos).

Probablemente la mitad de nuestro trabajo se desperdicia ya que nuestros pacientes se alimentan desde la cuna, de hecho, antes de la cuna, en forma tal que son una contribución segura a una nación C3. Incluso nuestra gente del campo comparte el régimen de pan blanco, salmón en lata, leche en polvo. Contra esto, los esfuerzos del médico se parecen a los de Sisyphus. Este es nuestro testamento médico, dado a todos a quienes le pueda interesar y ¿a quién no le interesa esto? No somos especialistas, ni científicos, ni agricultores. Representamos a los médicos de familia de un gran condado, como dijo Michael Drayton de “una alimentación tan sana”; ¡un condado que da nombre a un queso que no es igualado por ningún otro, aunque para la mayoría de los ingleses, por desgracia, solo un nombre!; un condado donde una mejor agricultura aún es posible, que debería atender a las necesidades de sus propios distritos industriales y a un círculo mucho más amplio todavía.

No podemos hacer más que señalar los factores esenciales para la salud. Su producción y abastecimiento no son nuestra función. Estamos llamados a curar la enfermedad. Creemos que es nuestro deber, en el estado actual del conocimiento, señalar que gran parte, quizás la mayoría, de esta enfermedad es prevenible y se evitaría con la alimentación adecuada de nuestra gente. Consideramos que esta opinión es tan importante que este documento está redactado en un esfuerzo por expresarlo y hacerlo público.

Firmado por los miembros de los Comités médicos y de panel locales: John Kerr (Presidente), N. A. Boswell (Vicepresidente), J. Barry Bennett (Tesorero de honor), F. G. Allan, H. Jaffe, G. Binns, J H Kerr, O H Blacklay, R E Loney, Harry E Bower, W S Lynd, H D Brice, James Murphy, J W Chadwick, J B. Murphy, J D Chisholm, M. Parkes, R B Davidson, J. Noble Platt, W W Dickson, L. T Pollard, M. Dwyer, J. R Robertson, H. Inglés, W J A Russell, F M Fellows, W E C Thomas, J B. Fulton, F. Wraith, R F Gerrard y Lionel Jas. Picton.

### Referencias:

1. Ann. Rep. Chief M.O. Bd. of Educat., 1936, p. 120.
2. (a) M. Mellanby: 'Lancet,' London, ii, p. 767.  
Also: --Brit. J. Dent. Sci. 1921; Brit. Dent. J., 1928;  
Sp. Rep. Ser. Med. Res. Coun., London, No. 180, 1929  
(b) (1934) Drs. Wilfrid Fish and Leslie Harris, D.Sc., in 1934 drew attention to shortage of Vitamin C causing poor dental enamel and cement.  
(c) (1937) Dr. Evelyn Sprawson, London Hospital, stated that children in the institution in which he worked who were fed on raw milk had perfect teeth whereas others in circumstances identical in all respects except that their milk was pasteurized had defective teeth.
3. Ann. Rep. Chief M.O. Bd. of Educat., 1936, p. 50.
4. E. Mellanby: J. Physiol., Jan., 1918.
5. Final Report Dep. Cttee. Maternal Mortality, 1932, p. 60.
6. (a) J. Wilkinson: Views summarised under "Anaemia," Rolleston's Encyclopaedia of Medicine.

(b) C. C. Ungley: Goulstonian Lectures for 1938. 'Lancet': 23rd April, 1938, p. 925.

7. Sir John Boyd Orr, "Food Health and Income," 1936 [Macmillan] p. 35.

8. Ibid. p. 43.

9. Captain J. Lind, "A Treatise on Scurvy," published 1757.

10. (a) Captain James Cook, F.R.S. "Voyage towards the South Pole and Round the World," 1772-5 ["Voyages," Everyman Edition, Dent, London.]

(b) Traill's Social England, vol. 5, p. 303. "On 29th-30th July (1755).

11. Sir Frederick Gowland Hopkins, P.R.S., O.M. 1912. Journal of Physiol, 44, p. 425.

12. Sir Robert McCarrison's work. His appended bibliography, for which the thanks of the committee are due to Mr. T. J. Shields, librarian of the B.M.A., gives some conception of the basis of research upon which Sir Robert's teaching is founded.

13. Dr. Wrench in "The Wheel of Health" [C.W. Daniel and Co., Ltd., 40 Great Russell Street, W.C. 1 -- 1938].

14. Tristan da Cunha. -- We are indebted to Mr. Irving Gane, Hon. Secretary, Tristan da Cunha fund, for the following information: Mr. James. R. A. Moore, L.D.S., R.C.S. (Eng.) visited the Island in 1932 and again in 1937. In 1932 he examined 156 persons and 183 in 1937. Of the 3,181 permanent teeth in the former year, there were 74 carious and of the 3,906 in the latter year there were 179 carious.

15. Sir Robert McCarrison, in the following passage, clearly recognises the essential dependence of the health of mankind upon the quality of the soil.

16. Albert Howard and Yeshwant D. Wad, "The Waste Products of Agriculture," 1931 [Oxford Univ. Press] pp. 167.

17. The ancient Chinese method: see "Farmers of Forty Centuries." F. H. King, D.Sc. Jonathan Cape: reprinted, 1933.

18. Lecture: London Sch. Hygiene and Trop. Med., 17th June, 1937.

19. "A Boon to Smaller Municipalities: The Disposal of House Refuse and Night Soil by the Indore Method." *The Commercial and Technical Journal*, Calcutta, October, 1936, by Howard, *ibid*.

**20.** Arthur Guinness, Son & Co., Ltd., Ockham, Bodiam, Hawkhurst, 16th February, 1939. L. Picton, Esq., B.M., Holmes Chapel, Cheshire. Dear Sir, in reply to your letter of the 15th February, 1922.

**21.** The results of Captain R. G. M. Wilson's trial of the Indore system at the Icen Estate, near Surfleet in Lincolnshire are related in a memo which he drew up for the Brit. Assoc. who visited the estate on the 4th of September, 1937.

**22.** Sir Robert McCarrison writes [personal communication], 27th December, 1938.

**23.** Dr. F. Jno. Poynton [B.M.J.], Oct. 21, 1933, p. 755.

## APÉNDICE B

### Entrevista a Roger Rabes<sup>131</sup>

Roger Rabes es productor lechero que, asesorado por el Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado, lleva a cabo un proyecto PRV de 64 ha, ubicado en La Cheffretière, Francia.

La presente entrevista pretende profundizar un poco en cuestiones particulares de su proyecto PRV que llamaron nuestra atención y otras cuestiones que valen la pena discutir con un productor lechero a base de pastos. Dichas cuestiones se resumen en 5 títulos.

### Estabulación en PRV

**Pregunta (P):** *¿Por qué tienes un período de estabulación en tu proyecto PRV?*

“La ley base de la agroecología es la protección absoluta del suelo.”<sup>132</sup>

**Roger Rabes (RB):** Estabulamos en PRV porque las condiciones climáticas del invierno nos obligan; la ley base de la agroecología es la protección absoluta del suelo. En este proyecto la tierra es arcillolimosa, entonces, cuando está húmeda es como si fuera plastilina, y en un proyecto joven como es el nuestro, que ha sido muy maltratado por el uso convencional del suelo por parte del propietario anterior, el período de

---

131- Elaboración propia, entrevista realizada a Roger Rabes, Francia, 2018.

132- Estas frases (que aparecen resaltadas antes de algunas respuestas) son palabras expresadas por el entrevistado, creemos oportuno colocarlas como ideas importantes, a modo de resumen.

estabulación es más largo, pero a medida que vayamos logrando estructura en el suelo, iremos acortando poco a poco este tiempo.

Aquí el período de lluvias ocurre durante el invierno, las temperaturas bajas (no hay evaporación del agua), sumadas a la textura del suelo, hacen que en esta época del año “llueva sobre mojado”. Los animales de alto peso como son los de genética francesa, animales de 600 a 650 kg, hunden su pata en el suelo mojado hasta unos 30 o 40 cm de profundidad, lo que desestructura y labra el suelo.

Entiendo que estabular en PRV en otro país, como los países latinoamericanos, se hace muy poco, lo que puede sonar raro; pero hay que entender que cada PRV, igual que cada zona, que cada país, cada clima son distintos y únicos, entonces hay que adaptarse a lo que hay. Las leyes de la agroecología son claras, entonces, hay que ser sabedores de esas leyes y no incumplirlas.

### ***Comportamiento animal***

**P:** *Al igual que lo observé en Nueva Zelanda, ¿tú también estás cambiando las Holando por Jersey o su cruza?, ¿a qué se debe?*

“La vaca Holando perdió sus capacidades pastoriles”

**RB:** Primeramente, la opción de cambiar por Jersey se debía a que es una vaca más liviana, no produce el mismo impacto en el suelo una vaca de 400 kg que una vaca de 650 kg, por ese simple hecho. Yo estimo que al período de estabulación (que normalmente es de 4 meses) podemos reducirlo en 1 mes, es decir, ganar 1 mes de pastoreo; lo cual significa mucho, desde ahorros significativos en los costos de estabulación, hasta aumento de la deposición de bostas en los potreros. Esto último es muy importante, ya que el estiércol que sale del establo es estiércol con mucha paja (paja que se utiliza para mantener la higiene y confort de los animales en el establo), por lo que es un estiércol con una relación C/N alta que no puede aplicarse directamente en los suelos que aún están pobres en nitrógeno y la biocenosis aún se está recuperando.

Los estadounidenses tomaron la vaca frisona holandesa (Holando, como se conoce en Latinoamérica) e hicieron una selección para

“mejoramiento”; el problema fue que esa mejora se hizo siempre en establo, por lo que las vacas se adaptaron a comer y a vivir en un ambiente de establo, por lo tanto, esta raza es tremendamente productiva, pero en el establo, le encanta comer en comederas, le encanta comer raciones muy ricas en energía y proteína, respondiendo muy bien a estas condiciones. Entonces, esta “mejora genética” a establo, provocó una pérdida de las capacidades pastoriles de la vaca y cuando esta es llevada de nuevo al pasto, solo responde bien cuando las condiciones del campo son óptimas. Sí que se observa que están más sanas porque caminan más, están más limpias, tienen menos problemas de mastitis, sin embargo, el comportamiento a pastoreo es pésimo, su comportamiento es tan negativos que hasta se podría decir que es autodestructivo: a ellas les molesta algún factor de estrés (cambio fuerte de temperatura, una tormenta, las moscas, el calor, el sol, etc.) y siempre responden de la misma forma, se agrupan y no hacen nada, simplemente están paradas esperando que pase ese momento de estrés, estas son horas que pierden durante todo el día en las que no comen, no beben y no descansan, por eso esta vaca se torna menos eficiente a pastoreo. Entonces nosotros estamos pasando a Jersey, pero escogiendo líneas de Jersey que sabemos que hayan sido criadas a campo, como son la líneas neozelandesa y la genética inglesa, no nos interesa la genética Jersey de EE. UU. ni de Canadá, porque fueron sujetas al mismo mejoramiento de la vaca Holstein; luego hay otra línea de Dinamarca que es algo mixta, es decir, se mejoró a establo pero combinando a pastoreo, por lo tanto, priorizamos la línea inglesa, neozelandesa y, como última opción, la línea danesa.

Hemos observado mucha diferencia de comportamiento animal entre Holando y su cruce F1 con Jersey (“mestiza”), un ejemplo clásico es durante el verano: en un grupo de vacas que está formado por Holando, en su mayoría, mestizas y Angus (tenemos 5 angus en el proyecto), cuando hay sombra en el potrero, las vacas Holando se agrupan allí estresadas aunque estén en la sombra, cuando el sol se desplaza, moviéndose la sombra hacia el otro lado del árbol o la franja de árboles, las vacas Holando no tienen la astucia de moverse hacia el otro lado para evitar el sol, esto es un comportamiento totalmente estúpido, que nunca se observa en las mestizas (ver *Imagen N° 49*) ni mucho menos en las Angus. Como este ejemplo de comportamientos autodestructivos hay muchos, y es muy difícil trabajar de

esta forma, por lo que hemos decidido vender gran parte de las Holando y comprar Jersey puras, estando convencidos de que esto mejorará nuestra producción de leche a base de pasto.

*Imagen N° 49: Vacas Holando estresadas, agrupadas bajo la sombra. Vaquillas mestizas comiendo pasto sin mostrar estrés alguno*



Fuente: Foto del autor, tomada en La Cheffretière, Francia, 2018.

**P:** *El argumento principal, con el que se defiende a la vaca Holando, es que su producción de leche es superior al de la Jersey. ¿Qué opinas de esta característica destacable de la vaca Holando?*

**RB:** Que la vaca Holando produce más que la Jersey es una media mentira, ya que la Jersey es la que transforma mejor lo que come en leche útil, es decir, en sólidos de leche. La Jersey es una vaca con muchos sólidos (ya que tiene un sistema digestivo más eficiente que el de la Holando), puede llegar a tener 5,5 a 6 de materia grasa y 3,7 o incluso 4 de proteínas, esto es mucho más que una Holando que está en 4 de grasa y 3 de proteína.

El argumento de que la Jersey produce menos es obvio, no se puede comparar lo que produce una vaca Jersey de 400 kg con lo que produce una Holando de 600 kg. Por lo que hay que comparar el rendimiento de producción de leche por peso (kg) de animal, por ejemplo, 3 Jersey de 400 kg hacen 1200 kg de animal, al igual que dos Holandos de 600 kg hacen 1200 kg de animal; entonces con esta relación vemos que la producción es muy equitativa, que sumada la diferencia de sólidos, que mencioné

anteriormente, la Jersey es productivamente superior. Además, aquí en Francia, los sólidos son muy valorados (al igual que en Nueva Zelanda), entonces, se puede pasar de 0,33 euros el litro con Holando a 0,43 euros el litro con Jersey.

**P:** *El tiempo que la Jersey no pierde estando estresada y lo aprovecha pastando y/o descansando, ¿podría hacerla hasta más productiva que la Holando? (siguiendo el ejemplo de la comparativa de rendimiento de leche cada 1200 kg de animal).*

**RB:** Yo estoy convencido de que, si comparamos un plantel 100% Jersey versus un plantel 100% Holando, en La Cheffretièrre, el plantel Jersey produce más que el plantel Holando. Si una vaca Holstein se estresa a los 29 °C, una Jersey lo hace a los 34 °C

La cobertura de la Jersey (piel y pelo) es perfecta para aguantar el sol, además, en términos de bovinometría tiene la línea muy lechera.

**P:** *Habría que resaltar también la mayor facilidad de parto y fertilidad de la Jersey.*

**RB:** Sí claro, la Holando se mejoró únicamente para producir mucha leche y, en el camino, se olvidaron de la fertilidad y la facilidad de parto. Si a una vaca le exigis mucha leche, a esta le costará mucho preñar, es como una balanza. Una vaca pequeña, si bien pierde condición corporal al parto con facilidad, tiene la capacidad de recuperarla más rápidamente; por ejemplo, los franceses siempre tuvieron la costumbre de hacer animales muy grandes. Estos animales necesitan mucha más energía y proteína para mantenerse. Muy contrariamente, hablando con criadores Jersey de la zona, me cuentan que, una vez preñadas las vaquillonas, se las mantiene a heno y vigilando que no sea heno muy bueno, sino se engrasan demasiado; esto muestra lo eficiente que son en la transformación del alimento. Esas novillas no necesitan desarrollar una estructura ósea enorme como la de una Holando y, entonces, con poca cosa se mantienen y enseguida ponen grasa. Esta facilidad de los animales precoces, de talla pequeña, es favorable para la fertilidad, ya que consiguen un balance energético positivo más fácilmente.

Quisiera destacar que también existen líneas Holando con buen comportamiento a pasto, como es la frisona inglesa, pero siguen siendo animales pesados con las desventajas que ya he mencionado al respecto (relacionado al cuidado del suelo principalmente).

### ***Medicina alternativa***

**P:** *Me impactó enterarme que las vacunas no forman parte del protocolo sanitario de este proyecto, ¿por qué? Y, ¿cuáles son tus herramientas sanitarias?*

“La industria farmacéutica es un monstruo que hay que conocer para saber lo que podemos usar de él y lo que no”

**RB:** Primero hay que entender que el objetivo principal de la industria farmacéutica es ganar dinero, no sanar. Mucha gente que lee esta entrevista entiende que la agronomía convencional cura las plantas con venenos, esto suena loco, sin embargo, es así. La industria farmacéutica es exactamente lo mismo, no se usa un medicamento porque funcione, sino porque produce ganancia de dinero, entonces, un producto que no sea patentable pero que sea 100% eficaz simplemente no se usa, no se vende. Entendiendo esto podemos continuar hablando sobre las vacunas. La industria se dio cuenta que ganaba mucho más dinero haciendo un protocolo preventivo para todo el mundo, que haciendo tratamientos curativos solo para las personas enfermas; esta política es la misma tanto en medicina como en veterinaria. Lo obvio sería que tuviéramos antibióticos, que ya los tenemos, y antivíricos, sin embargo, como ya dije, es mejor hacer vacunas que antivíricos. Muchos dirán: “no, los antivíricos no se pueden hacer”, claro que se pueden hacer, ya existen, sin embargo, no se divulgan y poco o nada se investiga sobre ello.

El objetivo es que los medicamentos te cronifiquen, es decir que no te curen y a la vez no te maten, ya que si un paciente se cura o muere deja de ser cliente, por lo tanto, es mejor arreglarle los síntomas sin solucionar la raíz del problema, esto genera efectos secundarios. Cuando estos aparecen, las personas dependientes de ese medicamento deben tomar una segunda medicina y esto es una cadena que se va acumulando, y entonces podemos encontrar esos viejitos de 70 a 90 años con una cajita de pastillas que llevan a todos lados. Estas personas son fantásticos clientes. La industria

farmacéutica es un monstruo que hay que conocer para saber lo que podemos usar de él y lo que no.

Yo no quiero confundir a la gente, porque los médicos y los veterinarios no tienen la culpa de eso, ellos son profesionales que desgraciadamente fueron adiestrados en la universidad para utilizar un método manejado por la farmacia<sup>133</sup>.

La farmacia ataca lo que no vende, todas las otras medicinas, que existen y han existido, las desprecia con los mismos argumentos: “no está probado científicamente”, cuando muchas veces sí lo está, etc. Los gobiernos que siempre están de la mano de las multinacionales, obviamente las apoyan. Esto es muy evidente, aunque suene algo loco.

Obviamente no se puede dejar de usar los productos veterinarios de un día para el otro sin tener el conocimiento necesario para eso, la clave es el conocimiento. Este conocimiento (no lo conozco todo) lo fui generando con la experiencia. Yo formaba parte de una asociación familiar, teníamos un *feedlot*, en el cual había muchísimos problemas sanitarios. Como yo era el encargado de la sanidad de ese *feedlot*, y a mí los métodos farmacéuticos no me daban una verdadera solución, empecé entonces a probar muchas soluciones alternativas, y obviamente hay muchas mentiras o medias verdades, y productos que sí tienen una utilidad alternativa, sin embargo, no son lo suficientemente efectivos (como las vacunas).

Entre las alternativas con las que tuve excelentes resultados, puedo mencionar el agua de mar. Esta va tremendamente ligada con la agricultura de laboreo, un suelo mal manejado produce unos forrajes

133- Roger tiene esta mirada de la medicina, porque encontró soluciones en la veterinaria alternativa para mantener sus vacas sanas a un bajísimo costo. Fuimos testigos, en nuestra estadía en ese sistema productivo durante 3 meses, de lo que es recuperar una vaca decaída con agua de mar, sincronizar un celo con aceite esencial de salvia., eliminar verrugas con magnesio y no tener problemas de virosis en vacas y terneros que no se vacunan; experiencia que después vivieron otros, dando testimonio de lo mismo.

Roger vive lo que dijo en la entrevista, creo que es fuerte de leer, pero cuando se vive un tiempo en ese sistema productivo, muchas cosas en la cabeza parecen quebrantarse (a modo personal, debo decir que, teniendo parientes cercanos con profesión de médicos, fue difícil no tener pensamientos e ideas cruzadas cuando llegué a Nantes). La idea es dudar de todo lo que uno lee y escuchar, pero no quedarse con la duda ni descartar algo porque nunca se lo escuchó. No olvidemos, además, que los agroquímicos y medicamentos son producidos por la misma industria.

o granos desequilibrados en oligoelementos, debido a la roturación y desestructuración del suelo más el uso casi exclusivo de NPK (y en algunos casos solo se usa N) y agua (esto es agricultura convencional o hidroponía), y aunque la transmutación es una herramienta de la naturaleza para equilibrar, pues obviamente no le podemos pedir la luna a la transmutación y esas plantas que se producen en esos suelos mal manejados tienen un desequilibrio de oligoelementos.

**P:** *Kervran, cuando hizo las pruebas de transmutación, se dio cuenta que siempre en cada trasmutación había microorganismos relacionados al proceso, y, en un suelo que está mal tratado por la agricultura convencional, es evidente que estos no están o lo están en bajas poblaciones.*

**RB:** Sí, pero hay otra transmutación, no solo hay transmutación en el suelo, sino también en las plantas y en los animales. Una planta en hidroponía en la que solo ponemos NPK, en un análisis químico de la planta, no solo saldrá NPK, seguramente aparecerán otros elementos minerales que no fueron añadidos; pero claro, si el suelo estuviera sano, la riqueza de oligoelementos sería correcta.

Entonces, yo encontré con el agua de mar una solución a lo que era el problema pulmonar de los galpones. Los bovinos cuando están a pastoreo, rara vez sufren problemas pulmonares graves como neumonías, sin embargo, en *feedlot* muy intensivos, las bajas por neumonías es el problema principal. El problema es que esos animales están en un ambiente que no es normal para ellos, es antinatural y, por lo tanto, tienen una emoción negativa. Aquí entraríamos a hablar un poco de lo que es la medicina emocional, en la que cada emoción negativa está relacionada con una enfermedad, la neumonía va relacionada con la pérdida de territorio, obviamente un *feedlot* no es un territorio normal. No quiero entrar en tema de medicina emocional por lo que es muy extensa, pero sí quiero dar el ejemplo clásico: ¿cuántas veces vimos una pareja de viejitos que están sanos y, cuando uno se muere, al poco tiempo el otro también lo hace?

La emoción negativa, que era la pérdida de territorio, combinada con una alimentación desequilibrada en oligoelementos y no natural (altos en energía y proteína), hace que estos animales tengan problemas de

neumonías. La industria farmacéutica esto no lo cuenta, sino que pone la culpa a un microorganismo: “esto es culpa de IBR, esto es *Pasteurella*, esto es la bacteria X o el parásito Y; cuando esta no es la causa, ese patógeno es la consecuencia, vino porque tenía un territorio favorable para instalarse: animal con emoción negativa (baja la inmunidad del animal) y dieta desequilibrada en oligoelementos (con la proteína, la energía y la fibra bien correcta, pero hechos de manera convencional, hidropónicamente). Cuando usaba agua de mar en los terneros con neumonías los curamos a todos, esto nos dio un fuerte impacto, fue muy fuerte. Solucionamos las bajas por neumonías, que correspondían al 80% de las bajas de nuestro *feedlot*. Pero, claro, aquí no estábamos reparando realmente el error, porque el error era el sistema, el agua de mar era solo un paliativo, anteriormente hacíamos lo mismo, pero con antibióticos y vacunas, pero no nos dieron los mismos resultados; con agua de mar todos los animales tratados se curaban ¡y, además, es gratis! Cuando les dejábamos de dar, algunos animales volvían a recaer. Fue muy sorprendente.

Luego usé (y uso) el dióxido de cloro, es un producto que sabiéndolo usar en el ganado se convierte en una herramienta sanitaria magnífica. Es un producto de origen químico, sin embargo, tiene un poder energético, hay varias teorías que demuestran cómo funciona, la información abunda. El hecho es que funciona. Cuando se aplica esto al animal o persona, le da una energía positiva que aviva el sistema inmunitario, reduciendo el tiempo que el organismo tarda en reconocer un organismo extraño. El cuerpo tiene infinidad de herramientas para sanarse solo, dando entonces, el dióxido de cloro, un empujón fuerte para que el animal sane más rápido. Con el dióxido de cloro encontramos la solución a no vacunar, ni de IBR, DVB y de RS. Con la *Pasteurella* no funcionó, pero con las tres anteriores funcionó perfectamente, se les daba a los animales en las maderas (no se puede utilizar en animales rumiantes no lactantes) durante 15 días de entrados al sistema, más agua de mar. Estas eran, y lo son en mi proyecto actual, las 2 herramientas principales de mi protocolo sanitario.

En cuanto a los antibióticos, puedo decir que funcionan, no puedo decir que no sirven, es obvio que funcionan, pero lo que me gustaría a mí es que la medicina fuera global, que digamos: “si este producto funciona, lo usamos”, si es chamanismo y funciona al 100% lo usamos igual, en cambio, la

quimioterapia la usamos y tiene una eficiencia del 30% ¿por qué la usamos? La vacuna de la malaria tiene una eficiencia del 40% ¿Por qué la usamos? (poco se habla y se difunde información sobre los efectos secundarios de las vacunas. ¿Cuántas personas murieron por vacunarse?). Un antibiótico sabemos que funciona, no va a la raíz del problema, pero sabemos que funciona. Entonces no hay que cerrarse a ningún tipo de medicina, lo que hago yo no es cerrarme en mí mismo, sino que estoy abierto a todo tipo de disciplina médica que funcione. No es coherente cerrarse, y menos cerrarse en un tipo de medicina que solo tiene intereses económicos por delante de la salud de la humanidad; yo considero aberrante tres cosas: cáncer, enfermedades mentales y del corazón. Los médicos convencionales *no* tienen soluciones para esto. Los que tienen problemas mentales se quedan locos, los del corazón quedan medicados de por vida y cada vez más, en cuanto al cáncer ¡ni hablar! Entonces ¿por qué estamos yendo todo el mundo a esa medicina? Los problemas del corazón y el cáncer son un tremendo negocio de la farmacia. De esto hay que ser consciente y entenderlo.

Un ejemplo muy bueno lo tenemos en Nicaragua, el gobierno hizo una movida muy inteligente: abrió la sanidad pública a toda disciplina que demostrase ser eficiente. Hoy en día Nicaragua, creo es el único país del mundo que cuando tú vas a curarte puedes escoger la disciplina. Conozco una doctora catalana que está trabajando en Nicaragua y hace años está sanando gente con agua de mar y con la nueva medicina germánica (NMG). Que un gobierno permita esto es fantástico, desgraciadamente este país es pequeño y lo que se hace allí no tiene mucha repercusión, pero, bueno, es un gran paso.

### ***Afrontando la miseria***

**P:** *En estos tiempos de miseria, debido a la ganadería convencional del propietario anterior, ¿qué práctica agrícola convencional del productor anterior dejó las peores secuelas en el suelo?*

“Las parcelas donde el productor anterior nunca roturó el suelo, la miseria no es tan evidente”

**RB:** La miseria no fue de forma general, sino que cada parcela, según su historial, reaccionó de forma distinta. Hay ciertas zonas que estaban

olvidadas por el antiguo explotante, eran pequeñas parcelas con franjas de árboles complicadas para ingresar con el tractor, entonces eran zonas de pasto permanente que se sacaba muy poco rendimiento y los animales estaban, algunas temporadas, pastando en extensivo. En estas parcelas, aunque no fueran productivas entonces, nunca se roturó el suelo; y es en estas que la miseria no es tan evidente. Luego, en segundo lugar, las parcelas que tuvieron un comportamiento peor fueron las más grandes en las que se usaba el arado y varios aperos para hacer maíz. Es en estas parcelas en las que sí se notó la miseria. Finalmente, lo peor de todo, fue el uso de lodos de depuradora de una fábrica cercana que usaba el antiguo explotante (ver Imagen N° 50, a y b). Hay 2 potreros donde, por accidente del antiguo propietario aplicó más lodo del recomendado que hasta esta primavera, no se vio crecer pasto; esta primavera tuve que sembrarlas para que haya cobertura verde.

Imagen N° 50 (a y b): Imágenes comparativas en los tipos de repercusión del maltrato (remoción y fertilización) del suelo sobre la pastura





Nota: a) Roger está parado sobre una parcela que no sufrió roturación de suelo ni aplicación de lodos de depuradora ni fertilizantes. b) Roger está situado sobre una parcela que fue roturada continuamente y fertilizada con lodos de depuradora<sup>134</sup>.

Fuente: Fotos del autor, tomadas en La Cheffretière, Francia, 2018.

La miseria se ha intercalado. El primer año no hubo miseria; por los restos de abonos convencionales que había, el segundo año hubo un bajón; y ahora, que estamos a mitad del tercer año, estoy viendo que algunas parcelas están saliendo de la miseria, mientras que otras están entrando. Entonces, el año pasado y este son años de miseria, sin embargo, como no todo el campo tiene el mismo historial, se ven evoluciones distintas.

Lo peor de la miseria es la baja de producción que obviamente hay que compensarla con nitrógeno, el cual nos va a dar producción.

Está habiendo una evolución de la microbiología, en estos primeros años crecen y se reproducen cepas de microorganismos que se encargan de eliminar o neutralizar los venenos que quedaron (de los barros de depuradora y de los herbicidas e insecticidas que se usaban). Luego, en

---

134- Vale aclarar que ambas imágenes forman parte de una misma parcela del proyecto PRV de Roger, por lo que, el día en que se tomaron las fotografías, tenían el mismo tiempo de reposo.

una segunda etapa, ya va a venir la fertilidad que se espera. Sin embargo, tenemos muchas lombrices y escarabajos, los indicadores son buenos. Yo creo que estos últimos siempre estuvieron en estos suelos, porque siempre hubo una alta deposición de MO: hubo mucho ganado, aporte de estiércol y los barros de depuradora que también tienen mucha MO.

Para afrontar la miseria decidimos aportar compost de aves, afortunadamente en Francia está la oportunidad de escoger distintas calidades de compost y saber su origen, por lo que compramos un compost con garantía de que estaba bien compostado y aplicamos en los campos. Pero, personalmente tengo mucha fe en las leguminosas, hoy en mis campos hay muchas más leguminosas que en el momento cero; este es el camino, porque de este sistema, con animales estabulados 4 meses en invierno, obtengo un estiércol con alta relación C/N, entonces, es necesario el nitrógeno para equilibrarlo.

También hay una fuga de N muy grande en verano, que es cuando viene la sequía, por lo tanto, cuando más se necesita el agua y cuando hay más potencial de fotosíntesis (verano) resulta que es la época seca, entonces, la mayoría de las bostas se queda en superficie, ya que con la sequía la biocenosis se para, por lo que mucho nitrógeno se pierde; sí queda como MO cuando vuelve la lluvia, pero no es lo mismo. En definitiva, tenemos 4 meses de bostas con paja (elevada relación C/N) y otros 3 meses de sequía y calor con pérdida de nitrógenos, esto es un problema; y yo creo que la solución es tener mucha leguminosa en campo: tréboles (trébol blanco, rojo e híbrido), vicia.

**P:** *Por lo que tienes una alta inversión en semillas en este inicio de proyecto.*

**RB:** Sí, ahora por el momento sí. Yo espero reducir esta inversión de semilla de leguminosas y compost año a año hasta que la fertilidad natural del suelo se vea más notable. Mi ideal sería llegar a tener 40% de leguminosas en mis campos. En particular me gusta el trébol rojo, porque cuando en verano la gramínea baja mucho su calidad, el trébol rojo que resiste la sequía se mantiene en valor, y hay que tener en cuenta que hacemos leche, no carne. En ganado de carne, se cuenta con el efecto acordeón que permite

que, si hay una época fea en forrajes, las vacas carniceras lo aguanten perfectamente y luego se ven recompensadas en la época de abundancia forrajera. Pero, la vaca lechera da leche 300 días al año, por lo que siempre hay que tener buena comida; no puedo permitirme dejar un pasto en pie con mucha gramínea y poca leguminosa, la producción de leche caería.

La mejoría que he notado en estos 2,5 años fue principalmente en estructura de suelo: se compacta menos, porque hay muchas más raíces; y luego, cuando deja de llover, rápidamente podemos entrar a los potreros sin causar su ruptura. Y también, cuando llega la sequía, veo que mis campos retienen mucho mejor la humedad que los otros. No contaba con estos beneficios cuando apenas inicié el proyecto. Y espero que sigan mejorando año a año.

### ***Producción lechera en PRV***

**P:** *¿Qué particularidad tiene el proyecto lechero frente a un carnicero?*

“En producción de leche cualquier error se paga con una marcada disminución de la producción de leche”

**RB:** La gran mayoría de proyectos PRV son de carne, ya sea de bovino, ovino, etc. Nosotros hacemos leche, un PRV lechero demanda mucha más atención y trabajo, nosotros estamos con un proyecto de 64 ha con 100 animales y tenemos trabajo para 2,5 personas. Esto ya es significativo, que demanda más trabajo que uno de carne. El manejo tiene que ser mucho más fino, porque la vaca tiene que comer bien y esto demanda una atención y presión en hacer resiembras para tener alta calidad. Conocer el clima de la zona y siempre tener parcelas con una composición rica en leguminosas, esto es lo más difícil. Si uno quiere pasto, se podrían tener parcelas de festuca y pasto ovillo fácilmente, pero con esto no se puede hacer leche, esto es para llenar la barriga y nada más. Para hacer leche se necesitan leguminosas y gramíneas de calidad: si a una parcela con pasto ovillo se la asocia con leguminosas en un 40%, esa pradera sí serviría para hacer leche. Las reservas que yo tengo en mente son con haboncillo (haba forrajera), guisante y vicia. Esta mezcla se hace mucho aquí en Francia y da un silo con 16% de proteína. Siempre hay que hacer presión en esto (reservas de calidad).

Es importante que, cada vez que las vacas salen del establo, (luego de cada ordeño) tengan pasto nuevo, por lo que es necesario partir parcelas en 2, 3, 4 comidas, dependiendo del rendimiento de cada potrero.

Estoy convencido de que en PRV hay que hacer despunte y repaso, siendo muy interesante tener un grupo de repaso con animales muy rústicos de carne; ejemplo: tener 40 vacas lecheras y 40 vacas de carne, obviamente, habrá 4 grupos dando vueltas por el proyecto, pero un grupo de 40 vacas carniceras por detrás empujando al grupo lechero daría un efecto muy positivo en la producción de leche.

Para concluir, en producción de leche, cualquier error (se da comida de menos o de baja calidad) se paga con una marcada disminución de la producción de leche<sup>135</sup>.

---

135- En la actualidad, este establecimiento productivo (PRV de La Cheffretière) aumentó su superficie (ahora son 100 ha) y cambió de dueño, esto último debido a cuestiones personales ajenas al proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR] (2015). *Resumen de Salud Pública: Nitrato y Nitrito*. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU., Servicio de Salud Pública. Recuperado (en línea) de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts204.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts204.html) (20/05/2020).

Aghayie Noroozlo, Y.; Souri, M. K. y Delshad, M. (2019). "Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth". *Open Agriculture* (4: 72-164). DOI: 10.1515/o pag-2019-0016.

Aguirre, P.; Díaz Córdoba, D. y Polischer, G. (2015). *Cocinar y comer en Argentina, hoy*. Buenos aires: FUNDASAP, Sociedad Argentina de Pediatría.

Alabar, F.; Hurtado R.; Valdiviezo Corte, M. y Moreno, C. (2020). "Análisis de los índices climáticos de precipitación en 6 estaciones de las provincias de Jujuy y Salta". *Revista Agrarias de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Jujuy (en prensa).

Ampt, E. A., van Ruijven, J. y Raaijmakers, J. M. *et al.* (2019). "Linking plant ecology and pathology to unravel the importance of soil-borne fungal pathogens in species-rich grasslands". *Eur J Plant Pathol* (-141 ,154 156). DOI: <https://doi.org/10.1007/s-1573-018-10658x>.

Angelini, J.; Silvina, G. y Taurian, T. *et al.* (2013). "The effects of pesticides on bacterial nitrogen fixers in peanut-growing area". *Arch Microbiol* (195, 683-692). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-013-0919-1>.

Albuquerque, M.; Santos, R.; Lima, L.; Melo Filho, P.; Nogueira, R. y Ramos, C. (2011). "Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review". *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 31 (2), pp. 379-395. DOI: 10.1051/agro/2010031.hal-00930460.

Altieri, M. A.; Nicholls, C. I.; Ponti, L. y York, A. (2005). "Designing biodiverse, pest-resilient vineyards through habitat management". *Practical Winery and Vineyard* 27 (2): 16-30.

André Voisin (2008). *Experiencia y aplicación de su obra en Cuba* (ISBN: 978-959-16-0939-7). Asociación Cubana de Producción Animal.

Ausubel, F. (2005). "Are innate immune signaling pathways in plants and animals conserved?" *Nat Immunol* 6, 973-979. DOI: <https://doi.org/10.1038/ni1253>.

Awmac, C. S. y Leather, S. R. (2012). "Host Plant Quality and Fecundity in Herbivorous Insects". *Annu. Rev. Entomol.* 2002.47:817-844. Recuperado (en línea) de [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org) (07/17/12).

Badii, M. H. y Abreu, J. L. (2006). "Metapoblación, conservación de recursos y sustentabilidad". *International Journal of Good Conscience.* 1(1): 37-51. Septiembre. ISSN: 1870-557X.

Banco Mundial (2016). "Tierras Cultivables (hectáreas por persona)". Recuperado (en línea) de <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.ARBL.HA.PC> (03/09/2019).

Barke, J.; Seipke, R. F.; Gruschow, S. y col. (2010). "A mixed community of actinomycetes produce multiple antibiotics for the fungus farming ant *Acromyrmex octospinosus*". *BMC Biol* 8, 109. DOI: <https://doi.org/10.1186/1741-7007-8-109>.

Barruti, S. (2013). *Malcomidos: Cómo la industria alimentaria argentina nos está matando*. Grupo Planeta Spain.

Bautista-Calles, J.; García-Espinosa, R.; Pérez-Moreno, J.; Zavaleta-Mejía, E.; Montes-Belmont, R. y Ferrera-Cerrato, R. (2008). "Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico". *Interciencia*, 33(2), 96-102. Recuperado (en línea) de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442008000200005&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000200005&lng=es&tlng=es) (16/05/2020).

Bell, W. J. y Cardé, R. T. (1984). *Chemical Ecology of Insects*. 1ra Edition. British Library Cataloguing in Publication Data. ISBN: 978-0-412-23260-2.

Belmonte, M. L. (2017). "Índices de cambio climático en Anguil: tendencias del periodo 1961-2016". *Revista Argentina de Agrometeorología*, vol (VIII), 29-42. Recuperado (en línea) de [http://www.crean.unc.edu.ar/files/secciones/Material/Revista\\_RADA\\_2017.pdf](http://www.crean.unc.edu.ar/files/secciones/Material/Revista_RADA_2017.pdf) (15/09/2020).

Beltramino, D.; González, C. y Longerich, L. *et al.* (2008). “La salud ambiental de la niñez en la Argentina: evaluación de la exposición a plaguicidas organofosforados en niños de colonos tabacaleros”. Sociedad Argentina de Pediatría (SAP), Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI), Asociación Argentina de Médicos por el medio ambiente (AAMMA). Recuperado (en línea) de [http://www.sap.org.ar/docs/plagicidas\\_SIA.pdf](http://www.sap.org.ar/docs/plagicidas_SIA.pdf) (12/10/2020).

Bergner, P. (1998). *Healing Power of Minerals, Special Nutrients and Trace Elements*. Prima Publishing, U. S. (ISBN: 0761510214, ISBN: 978-0761510215).

Boccalandro, H. E.; Rugnone, M. L.; Moreno, E. J.; Ploschuk, L.; Serna, L.; Yanovsky, M. J. y Casal, J. J. (2009). “El fitocromo B mejora la fotosíntesis a expensas de la eficiencia en el uso del agua en *Arabidopsis*”. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.109.135509>.

Boggino, N. (2011). *Los problemas del aprendizaje no existen* (1ra ed.). Rosario: Homo Sapiens Ediciones (p. 132) (ISBN: 978-950-808-609-9).

Boincean, B. y Dent, D. (2019). “Soil Fertility, Fertilization and Nutrient Cycling. Farming the Black Earth”. *Springer, Cham* (pp. 151-188). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22533-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22533-9_7).

Bonaventure, G. (2012). “Perception of insect feeding by plants”. Department of Molecular Ecology, Max Planck Institute of Chemical Ecology, Jena, Germany. DOI: [10.1111/j.1438-8677.2012.00650](https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00650).

Borghetti, M.; Rasch, A. y Grace, J. (1989). “Ultrasound emission after cycles of water stress in *Picea abies*”. *Tree Physiology* 5,229-2370. Victoria, Canada: Heron Publishing.

Bosi, S. y Desmarchelier, D. (2020). “Biodiversity, Infectious Diseases, and the Dilution Effect”. *Environmental Modelling & Assessment*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10666-020-09688-9>.

Bovi Mitre M. G. y Bardón A. (1998). “Residuos Tóxicos en Frutos. San Salvador de Jujuy (Argentina)”. Jujuy, Argentina: Universidad Nacional de Jujuy (p. 83).

Brinkman, E. P.; van der Putten, W. H.; Bakker, E. J. y Verhoeven, K. J. F. (2010). “Plant–soil feedback: experimental approaches, statistical analyses

and ecological interpretations". *Journal of Ecology*, vol. 98, issue 5, (pp. 1063, 1073). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01695.x>

Burgos Gallardo, F.; Baldo, J. L. y Baldo, J. D. (2020). "Taxocenosis de las Serpientes (Sauropsida: Squamata) de la provincia de Jujuy, Argentina". *Cuad. herpetol.* 34 (1): 00-00. DOI: 10.31017/CdH.2020.(2019-042)

Cagnola, J. I.; Cerdán, P. D.; Pacín, M.; Andrade, A.; Rodríguez, V.; Zurbriggen, M. D.; Legris, M.; Buchovsky, S.; Carrillo, N.; Chory, J.; Blázquez, M. A.; Alabadi, D. y Casal, J. J. (2018). "El fotoperíodo de día largo mejora la defensa de la planta relacionada con el ácido Jasmónico". DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.18.00443>

Callaway, T. R.; Carr, M.; Edrington, T.; Anderson, R. C. y Nisbet, D. J. (2009). "Diet, *Escherichia coli* O157:H7, and Cattle: A Review After 10 Years". *Current issues in molecular biology*, 11, 67.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (2016). Recuperado (en línea) de <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2016.pdf> (07/05/2020).

Cardona-Guerrero, F.; Ávila, A. J. (2013). "Tendencias en las series de precipitación en dos cuencas torrenciales andinas del Valle del Cauca (Colombia)". *TecnoLogicas* (vol XVII) (85-95). Recuperado (en línea) de <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v17n32/v17n32a09.pdf> (11/03/2020).

Carson, R. L. (1962). *Primavera Silenciosa*. Editorial Crítica (ISBN: 9788416771172).

Carrasco, A. (2010). "Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling". *Chemical Research in toxicology* (vol. 23, nro. 10, pp. 1586-1595).

Carrizo, A. E. (2016). "Diseño de formulados microbianos para el control de *Spodoptera frugiperda*, plaga clave del maíz en el NOA". Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán. Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos. CONICET.

Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria [CIATA] (1998). *Rotación de cultivos*. España: Edición Especial: Horticultura (pp. 11-14).

Chaboussou, F. (1980). *Les Plantes Malades des Pesticides. Bases nouvelles d' une prévention contre maladies et parasites*. Reimpresión hecha por Diffusion Différente, Utovie. París. 2011.

Chaplin-Kramer, R.; O'Rourke, M. E.; Blitzer, E. J. y Kremen, C. (2011). "A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity". *Ecology Letters*, 14, 922-932.

Chindo, P. S.; Shebayan, J. A. Y. y Marley, P. S. (2010). "Effect of pre-emergence herbicides on *Meloidogyne spp.* and *Fusarium spp* wilt of tomato in Samaru, Zaria, Nigeria". *Journal of Agricultural Research* (Lahore) (vol. 48, nro. 4, pp. 489-495, ref. 20) (ISSN: 0368-1157).

Chmelík, V.; Šarapatka, B.; Machač, O.; Mikula, J.; Laška, V. y Tuf, I. H. (2019). "The effect of farming system and management practices on surface-dwelling soil macrofauna". ISSN 1392-3196 / e-ISSN 2335-8947 *Zemdirbyste-Agriculture* (vol. 106, nro. 4, p. 291, 296). DOI: 10.13080/z-a.2019.106.037.

Cho, Y. (2019). *JADAM Agricultura Ecológica: El camino a la agricultura de costo ultra bajo* (2da edición) (Español). Paperback Bunko (ISBN: 978-8989220350).

Coleman, J. O.; Mechtetd, M. A. y Davies, T. G. E. (1997). "Detoxification of xenobiotics by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation". *Trends in Plnat Science* (april, vol. 2, nro. 4). PII S1360-1385(97)01019-4.

Coll, J. B.; Rodrigo, G. N.; García, B. S. y Sánchez Tamés, R. (1995). *Fisiología Vegetal*. (7ma ed.) Madrid, España: Ediciones Pirámides, S. A. (ISBN: 84-368-0611-5).

Constitución de la Nación Argentina (1994). Recuperada (en línea) de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/804/norma.htm> (08/01/2021).

Cortés, L. E.; Weldegergis, B. T.; Bocalandro, H. E.; Dicke, M. y Ballaré, C. L. (2016). "¿Comercio directo por defensa indirecta? La inactivación del fitocromo B en el tomate atenúa las defensas directas contra los herbívoros al tiempo que mejora la atracción de los depredadores mediada por volátiles". DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.14210>.

Cury, A. (2015). *Padres brillantes, maestros fascinantes* (5ta ed.). Buenos Aires: Booket. (pp. 208) (ISBN: 978-987-580308-4).

Currie, C. R.; Poulsen, M.; Mendenhall, J.; Boomsma, J. J. y Billen, J. (2006). "Coevolved Crypts and Exocrine Glands Support Mutualistic Bacteria in Fungus-Growing Ants". *Science* 06 (jan: vol. 311, issue 5757, pp. 81-83). DOI: 10.1126/science.1119744.

Dal Bello, G. M.; Mónaco, C. I. y Cháves, A. R. (1997). "Efecto de los metabolitos volátiles de *Trichoderma hamatum* sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos procedentes del suelo". *Rev Iberoam Micol* (14: 131-134).

Den Hartigh, L. J. (2019). "Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives". Department of Medicine, Metabolism, Endocrinology, and Nutrition; UW Medicine Diabetes Institute, University of Washington, Seattle, WA 98109, USA. *Nutrients* (11, 370). DOI: 10.3390/nu11020370.

Dilek, Ç. (2019). "Alleviation of Salt-Induced Stress in *Allium cepa* L. by Exogenous Glycine Treatment". Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Sciences Journal of Science, 14(2): 248-255. DOI: 10.29233/sdufeffd.578557.

Dixon, A. F. G. (2012). *Aphid Ecology. An optimization approach* (2da ed.) Editor Springer Netherlands (300 p.) (ISBN: 9789401064804).

Do Nascimento, A. L., Gonzaga, L.V.; Betta, F. D.; Schulz, M.; Biluca, F. C.; Seraglio, S. K. T.; Costa, A. C. O. y Fett, R. (2019). "Nitrate and nitrite in commercial samples of conventional, organic and hydroponic leafy vegetables". *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(10), 812.

Ducurf, G. (2017). *L'encyclopédie des Plantes Bio-indicatrices* (5ta ed.). Editions Pronature (vol. 1, pp. 351) (ISBN: 2-9519258-7-5).

Duffey, S. S. y Felton, G.W. (1991). "Enzymatic Antinutritive Defenses of the Tomato Plant Against Insects". Department of Entomology, University of California, Davis, American Chemical Society. CA 95616 0097-6156/91/0449-0166\$09.00/0.

Duke, S. O. (2017). "Pesticide dose – a parameter with many implications". In S. O. Duke, P. Kudsk, K. Solomon (Eds.). *ACS Symposium Series* (pp. 1-13). DOI: <https://doi.org/10.1021/bk-2017-1249.ch001>.

Dutra Keiran, J. y Vaschetto, B. (2020). *La Ganadería Paralela* (ISBN: 9789505046409). Buenos Aires: Hemisferio Sur.

El-Rokiek, K. G.; El-Din, S. A. S.; El-Wakeel, M. A. et al. (2019). "Allelopathic potential of the pea seed powder as natural herbicide for controlling weeds infested wheat plants". *Bull Natl Res Cent* 193 ,43. DOI: <https://doi.org/10.1186/s-0248-019-42269x>.

El-Rokiek, K. G.; El-Din, S. A. S.; El-Wakeel, M. A.; Dawood, M. G. y El-Awadi, M. E. (2018). "Allelopathic effect of the two medicinal plants *Plectranthus amboinicus* (Lour.) and *Ocimum basilicum* L. on the growth of *Pisum sativum* L. and associated weeds". *Middle East Journal of Agriculture Research* (vol.: 07, (03): 1146-1153) (ISSN: 2077-4605).

Ernoul, A.; Vialatte, A.; Butet, A.; Michel, N.; Rantier, Y.; Jambon, O. y Burel, F. (2013). "Grassy strips in their landscape context, their role as new habitat for biodiversity". *Agriculture, Ecosystems & Environment* (166, 15-27). DOI: 10.1016/j.agee.2012.07.004.

Escrivá, M. G. (2015). *Huerta Orgánica* (1 ed., 5ta reimp.). Buenos Aires: Albatros. (112 p.) (ISBN: 978-950-24-1124-8).

Espagnol, M. y Carmuega, E. (2010). "Análisis retrospectivo y prospectivo de la desnutrición en Argentina". Centro de Estudio Sobre Nutrición Infantil (CESNI), Argentina.

Fabian, C. J.; Kimler B. F. y Hursting, S. D. (1999). "Omega-3 fatty acids for breast cancer prevention and survivorship". *Breast Cancer Research*, 17(1). DOI: 10.1186/s13058-015-0571-6.

Faulkner, E. H. (1945). *La insensatez del labrador*. Buenos Aires: El Ateneo.

Fayad, J. A; Arl, V; Comin, J. J.; Mafra, A. L. y Marchesi, D. R. (2019). *Sistema de Plantio Direto de Hortaliças*. Epagri: Florianópolis (ISBN: 978-85-7743-365-0).

Feijó, P. M.; Rodrigues, V. D.; Viana, M. S.; Dos Santos, M. P.; Abdelhay, E.; Viola, J. P.; de Pinho, N. B. y Martucci, R. B. (2018). "Impact of omega-3 supplementation on the nutritional status, immune and inflammatory profile of gastric cancer patients: a randomized controlled trial". *Nutrition*. DOI: 10.1016 / j.nut.2018.11.014.

Fox, J. E.; Gullledge, J.; Engelhaupt, E.; Burow, M. E. y McLachlan, J. A. (2007). "Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants". *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, June 12, 104 (24) 10282-10287. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0611710104>.

Franco, L. S.; Shanahan, D. F.; Fuller, R. A. (2017). *A Review of the Benefits of Nature Experiences: More Than Meets the Eye*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8): 864. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14080864>

Frank, T.; Aeschbacher, S.; Barone, M.; Künzle, I.; Lethmayer, C. y Mosimann, C. (2009). "Beneficial Arthropods Respond Differentially to Wildflower Areas of Different Age". *Annales Zoologici Fennici*, 46(6), 465-480. DOI:10.5735/086.046.0607.

Frankow-Lindberg, B. E. y Dahlin, A. S. (2013). "N fixation, N transfer, and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species". *Plant Soil* (581-567 ,370). DOI: <https://doi.org/10.1007/s-1650-013-11104z>.

Franzluebbers, A. J. (2002). "Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth". *Soil and Tillage Research* (volume 66, issue 2, julyg, pages 197-205). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00027-2).

Freire, P. (2004). *Pedagogía de la Autonomía*. Sao Paulo, Brasil: Paz e Terra S. A. (ISBN: 85-219-0243-3).

Fry, G. y Sarlöv-Herlin, I. (1997). "The ecological and amenity functions of woodland edges in the agricultural landscape; a basis for design and management". *Landscape and Urban Planning* (31, 45-55).

Fukuoka, M. (1988). *The one-straw revolution*. Editor: Japan Publications; Edición: Translated By Frederic P. Metreaud. (378 p.) (ISBN: 978-0870406737).

Gallardo, C. B.; Tapia, S. N.; Agostini, S. y Medina, O. D. (2020). *Órdenes Menores. Especies de Importancia Agrícola*. Apunte Teórico N° 7. Cátedra de Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy.

Gamalero, E., y Glick, B. R. (2015). "Bacterial Modulation of Plant Ethylene Levels". *Plant Physiology* (september, vol. 169, pp. 13–22). DOI: 0.1104/pp.15.00284.

García R. (2002). "Biología de la conservación: conceptos y prácticas". Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).

García, A. L. R.; Madrid, V.; Gimeno, W. M.; Rodríguez-Ortega, N. y F. García-Sánchez. (2011). "The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9 (3): 852-61. DOI: 10.5424/sjar/20110903-399-10.

Gárgano, C. (2013). "Ciencia y dictadura: producción pública y apropiación privada de conocimiento científico-tecnológico. Dinámicas de cooptación y transferencia en el ámbito del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) durante la última dictadura cívico-militar argentina (1976-1983)". *Crítica y Emancipación*, (10): 131-170. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. oai:ri.conicet.gov.ar:11336/92270.

Geiger, F. *et al.* (2010). "Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland". *Basic Appl. Ecol.* (11, 97-105).

Géneau, C.; Wäckers, F. L.; Lukaa, H.; Daniela, C. y Balmer, O. (2012). "Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids". *Basic Appl. Ecol.* (13, 85-93).

Gietzen, R. 2016. *Abundancia Agroforestal. Un manual de agricultura sintrópica*. Recuperado (en línea) de [https://bosquedeniebla.com.mx/wp-content/uploads/2019/10/Abundancia\\_agroforestal\\_sintropica.pdf](https://bosquedeniebla.com.mx/wp-content/uploads/2019/10/Abundancia_agroforestal_sintropica.pdf) (09/12/2020).

Gliessman, S. R. (2000). *Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*. Editor CRC Press (ISBN: 9781420041514).

Gomes, S. I. L.; Ammendola, A.; Casini, S. y Amorim, M. J. B. (2021). "Toxicity of fungicides to terrestrial non-target fauna – Formulated products versus active ingredients (azoxystrobin, cyproconazole, prothioconazole, tebuconazole) – A case study with *Enchytraeus crypticus* (Oligochaeta)". *Science of The Total Environment* (754, 142098). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142098.

Gordon, A. J.; Hesketh, J. D. y Peters, D. B. (1982). "Soybean leaf photosynthesis in relation to maturity classification and stage of growth". *Photosynthesis Research*, 3(2), 81–93. DOI: 10.1007/bf00040706.

Goswami, B. K. y Vijayalakshmi, K. (1986). "Nematicidal properties of some indigenous plant materials against root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* on tomato". *Indian Journal of Nematology*, volume 16, issue 1 (65-68) (ISSN: 0303-6960).

Gray, T. R. G. y Williams, S. T. (1971). *Soil Micro-organisms*. Lectures in Botany, University of Liverpool (ISBN: 0-05-002322-5).

Greenpeace (2019). *Deforestación en el norte de Argentina*. Informe Anual 2018. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Guadagnin, S. G.; Rath, S. y Reyes, F. G. R. (2005). "Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems". *Food Additives & Contaminants* (issue 12, p. 1203-1208). DOI: <https://doi.org/10.1080/02652030500239649>.

Hallmann, C. A. *et al.* (2017). "More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas". *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. DOI: 10.1371/journal.pone.0185809.

Hanski, I. (1998). "Metapopulation dynamics". *Nature* (vol. 396).

Harrison, L. (2001). *Fertilidad Natural del Suelo*. Material de estudio aportado por la Cátedra de Pastoreo Racional según Voisin. Dictado por Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

Hatt, S.; Boeraeve, F.; Artru, S.; Dufrêne, M. y Francis, F. (2018). "Spatial diversification of agroecosystems to enhance biological control and other regulating services: An agroecological perspective". *Science of The Total Environment* (621, 600–611). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.296.

Hensel, J. (1898). "Brot Aus Steinen, Durch Mineralische Düngung der Felder". En *Panes de Piedra*, por Restrepo Rivera (2007, 2da edi.) (ISBN: 978-958-44-1282-9).

Hernández, J. (1965). *La vuelta de Martín Fierro* (7ma ed.). Bs. As., Argentina: Editorial Kapelusz.

Holland, J. M.; Thomas, C. F. G.; Birkett, T.; Southway, S. y Oaten, H. (2005). "Farm-scale spatiotemporal dynamics of predatory beetles in arable crops". *Journal of Applied Ecology*, 42(6), 1140–1152. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2005.01083.x.

Holland, J. M.; Oaten, H.; Moreby, S.; Birkett, T.; Simper, J.; Southway, S. y Smith, B. M. (2012). "Agri-environment scheme enhancing ecosystem services: A demonstration of improved biological control in cereal crops". *Agriculture, Ecosystems & Environment* (155, 147–152). DOI: 10.1016/j.agee.2012.04.014.

Howard, A. (1940). *Un Testamento Agrícola*. Santiago, Chile: Imprenta Universitaria (Digitalizado JaFM - España - 2014 - Edición en LATEX. Revisión 1.00).

Holz, D. T. (2015). "Perfil fitoquímico das pastagens em diferentes sistemas de manejo de unidades de produção de leite do oeste de Santa Catarina". Florianópolis. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Agroecossistemas. Recuperado (en línea) de <http://tede.ufsc.br/teses/PAGR0358-D.pdf> (11/11/2020).

Hradečná, M. (2019). "Přírodní a Environmentální Estrogeny". Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 75 s. (113 256 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/43830>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav inženýrství ochrany životního prostředí. Vedoucí práce Jančová, Petra.

Hsu, S. H.; Lo, K. J.; Fang, W.; Lur, H. S. y Liu, C. T. (2015). "Application of phototrophic bacterial inoculant to reduce nitrate content in hydroponic leafy vegetables". *Crop Environ Bioinf* (12:11).

Hussey, R. S. y Roncadori, R. W. (1982). "Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae May Limit Nematode Activity and Improve Plant Growth". *American Phytopathological Society*. United States. 0191-2917/82/01000906.

Ibiricu, E. S. y Aróstegui, D. U. (2005). *Rotaciones y Asociaciones de Cultivos*. Monográficos Ekonekazaritza N° 7. Editor Bio Lur Navarra. DL: NA.1281/05.

INDEC (2021b). "Trabajo e ingresos" (vol. 5, N° 2). Evolución de la distribución del ingreso (EPH) (ISSN: 2545-6768).

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE] (2007). *Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada*. Madrid, España. (ISBN: 978-84-96680-13-5).

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC] (2019). *Evolución de la distribución del ingreso (EPH)*. Informes técnicos (vol. 4, N° 61) (ISSN: 2545-6636).

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC] (2020a). *Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados preliminares: agricultura* (1a ed.) Ciudad Autónoma de Buenos Aires (ISBN 978-950-896-571-4).

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC] (2020b). *Valorización mensual de la canasta básica alimentaria y de la canasta básica total*. Gran Buenos Aires. Informes técnicos (vol. 4, N° 106) (ISSN 2545-6636).

John, K. *et al.* (1939). "Nutrition, Soil Fertility, And The National Health." *The British Medical Journal* (vol. 1, N° 4084, pp. 157-159). *JSTOR*. Recuperado (en línea) de [www.jstor.org/stable/20303158](http://www.jstor.org/stable/20303158) (13/05/2020).

Jones, C. (2008). "Liquid carbon pathway". Extract from *Australian Farm Journal* (Edition 338, 3 July). Recuperado (en línea) de [www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com) (23/11/2020).

Jung, S. C. *et al.* (2012). "Mycorrhiza-Induced Resistance and Priming of Plant Defenses". *J Chem Ecol* (38, 651-664). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0134-6>

Jung, J.; Sajjadian, S. M. y Kim, Y. (2019). "Hemolin, an immunoglobulin-like peptide, opsonizes nonself targets for phagocytosis and encapsulation in

Spodoptera exigua, a lepidopteran insect". *Journal of Asia-Pacific Entomology* (22, 947–956). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.08.002>.

Jurewicz, J.; Hanke, W.; Zetterstrom, R. y colaboradores. (2006). "Efectos de la exposición a los pesticidas en los niños". *Acta pediátrica* (vol. 95, supl. 453, pp. 71-80). Recuperado (en línea) de [www.bago.com/bagoarg/biblio/pediatweb479.htm](http://www.bago.com/bagoarg/biblio/pediatweb479.htm) (11/10/2020).

Kanellopoulou, C. *et al.* (2019). "Mg regulation of kinase signaling and immune function". *Rockefeller University Press. J. Exp. Med.* (vol. 216, N° 8, 1828–1842). DOI: <https://doi.org/10.1084/jem.20181970>.

Keesing, F. *et al.* (2010). "Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases". *Nature* (652–647, 468). DOI: <https://doi.org/10.1038/nature09575>.

Kerr, J. (1939). *Medical testament: Nutrition, Soil Fertility and National Health*. County Palatine of Chester. Local Medical and Panel Committee. England. Recuperado (en línea) de [http://journeytoforever.org/farm\\_library/medtest/medtest.html](http://journeytoforever.org/farm_library/medtest/medtest.html) (25/03/2020).

Kervran, C. L. (1988). *Biological Transmutations. The movement of life stems from the constant change of one element into another*. English Version: Michael Abehsera. Editor: Happiness Press. Magalia, California (ISBN: 978-0916508470).

Khanal, R. C.; Dhiman, T. R.; Ure, A. L.; Brennand, C. P.; Boman, R. L. y McMahan, D. J. (2005). "Consumer Acceptability of Conjugated Linoleic Acid-Enriched Milk and Cheddar Cheese from Cows Grazing on Pasture". *Journal of Dairy Science*, 88(5), 1837–1847. DOI:10.3168/jds.s0022-0302(05)72858-7.

Khanal, R. C.; Dhiman, T. R. y Boman, R. L. (2008). "Changes in fatty acid composition of milk from lactating dairy cows during transition to and from pasture". *Livestock Science*, 114(2-3), 164–175. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.04.020.

Kittredge, J. (2015). *Restauración del Carbono en el Suelo: ¿Puede la Biología hacer el trabajo?* Northeast Organic Farming Association/ Massachusetts Chapter, Inc.

Klevay, L. M. (2000). "Cardiovascular Disease from Copper Deficiency - A History". *The Journal of Nutrition* (vol. 130, issue 2, pp. 489-492). DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.489S>.

Klevay, L. M. (2008). "Alzheimer's disease as copper deficiency". *Medical Hypotheses* (vol. 70, issue 4, 2008, pp. 802-807). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2007.04.051>.

Klug, W. S.; Cummings, M. R. y Spencer, C. A. (2006). *Conceptos de Genética* (8va ed.). Madrid, España: Pearson Educación, S. A. (ISBN: 978-84-205-514-5).

Komaki, H. e Ikegami, H. (1993). "Observations on the biological cold fusion or the biological transmutation of elements". Japan: Universal Academy Press, Inc. (Sistema Internacional de Información Nuclear -INIS-Vienna, Austria).

Komaki, H.; Takao, M.; Tani, Y.; Hirano, H. y Masaki, N. (2004). "Effect of Functional Waters on the Growth of Lactic Acid Bacteria and Yeast and its Mechanism". Asian Pacific Confederation of Chemical Engineers congress program and abstracts. The Society of Chemical Engineers, Japan. DOI: <https://doi.org/10.11491/apcche.2004.0.818.0>

Korcak, R. F. (1992). "Early Roots of the Organic Movement: A Plant Nutrition Perspective". U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Fruit Laboratory, Beltsville, MD 20705. HortTechnology - Apr./June 2(2).

Kotter, J. P. y Dan, S. (2002). "The Heart of Change". Boston, MA: Harvard Business School Press.

Kozlowski, T. T. (2012). *Water and Plant Disease*. Editor Elsevier (ISBN: 978-032-3155-1-75).

Ku, Y. S.; Rehman, H. M. y Lam, H. M. (2019). "Possible Roles of Rhizospheric and Endophytic Microbes to Provide a Safe and Affordable Means of Crop Biofortification". *Agronomy*, 9(11), 764. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9110764>.

Kudva, A. K.; Shay, A. E. y Prabhu, K. S. (2015). "Selenium and inflammatory bowel disease". *American Journal of Physiology: Gastrointestinal & Liver Physiology* (vol. 309, issue 2, pp. G71-G77). DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00379.2014>.

Kugler, W. F. (1965). *La Agricultura Argentina en el año 1964*. Discursos pronunciados por el Secretario de Estado de Agricultura y Ganadería de Argentina. Buenos Aires, Argentina: Editado por la Dirección de Informaciones de la Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería. Imprenta COGTAL.

Kumar, S. *et al.* (2018). "Role of Legumes in Soil Carbon Sequestration. En Meena R., Das A., Yadav G., Lal R. (eds.). *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. Springer, Singapore (ISBN: 978-981-13-0252-7). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_4).

Labruyere, S.; Ricci, B.; Lubac, A. y Petit, S. (2016). "Crop type, crop management and grass margins affect the abundance and the nutritional state of seed-eating carabid species in arable landscapes". *Agriculture, Ecosystems & Environment* (231, 183–192). DOI: 10.1016/j.agee.2016.06.037.

Lagerberg, T.; Molero, Y.; D'Onofrio, B. M.; Fernández de la Cruz, L.; Lichtenstein, P.; Mataix-Cols, D.; Rück, C.; Hellner, C. y Chang, Z. (2019). "Antidepressant prescription patterns as a CNS polypharmacy with antidepressants among children, adolescents, and Young adults: a population-based study in Sweden". *European child & adolescent psychiatry*, 28 (8), 1137-1145. DOI: 10.1007/s00787-018-01269-2.

Lairon, D. (2010). "Nutritional quality and safety of organic food. A review". *Agron. Sustain. Dev.* (30, 33–41). DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009019>.

Lajusticia Bergasa, A. M. (1981). *La artrosis y su solución* (2da ed.). Barcelona, España: Plaza & Janes editores (ISBN: 84-01-37081-7).

Lajusticia Bergasa, A. M. (2018). *El Magnesio, clave para la salud. La importancia de este elemento y los problemas que causa su deficiencia* (12ª Impresión). Madrid, España: Editorial EDAF, S. L. U. (ISBN: 978-84-414-2703-7).

Lange, M.; Eisenhauer, N.; Sierra, C. A.; Bessler, H.; Engels, C.; Griffiths, R. I.; Mellado-Vázquez, P. G.; Malik, A. A.; Roy, J.; Scheu, S.; Steinbeiss, S.; Thomson, B. C.; Trumbore, S. E. y Gleixner, G. (2015). "Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage". *Nat Commun* (6: 6707). DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms7707>.

Larcher, W. (1977). *Ecofisiología Vegetal*. Barcelona, España: Ediciones Omega, S. A. (ISBN: 84-282-0289-3).

Lattuca, A.; Mariatti, A.; Cerilli, S.; Rapallo, L.; Machado, M.; Pigini Rivas, M.; Knuttzen, E.; Perozzi, M.; Colombo, E.; Cinalli, M.; Vino, J. C. y Favaro, M. (2019). *Guía Básica para la Planificación y Manejo Agroecológico de Cultivos* (1ra ed.) (Carlos Verratti). Gobierno de la Provincia de Santa Fe, Argentina.

Leather, S. R. y Awmack, C. S. (2016). "Does Variation in Offspring Size Reflect Strength of Preference Performance Index in Herbivorous Insects?". *Oikos* (vol. 96, N°. 1, pp. 192-195). Recuperado (en línea) de <http://www.jstor.org/stable/3547293> (22/11/2019).

Laurenti, R.; Fava, F. D.; Imwinkelried, J. M. y Trumper, E. V. (2008). "Evaluación de insecticidas para el control de *Diloboderus abderus* en trigo". INTA, Cartilla Digital Manfredi (ISSN On line: 1851-7994).

Le Zhang, A. R.; Du Rietz, E.; Lagerberg, T.; Butwicka, A.; D'Onofrio, B. M.; Johnell, K.; Pedersen, N. L.; Larsson, H. y Chang, Z. (2020). "Comedication and Polypharmacy With ADHD Medications in Adults: A Swedish Nationwide Study". *Journal of Attention Disorders*. DOI: 10.1177/1087054720923725.

Liao, J.; Ye, J.; Liang, Y.; Khalid, M. y Huang, D. (2019). "Pakchoi Antioxidant Improvement and Differential Rhizobacterial Community Composition under Organic Fertilization". *Sustainability*, 11(8), 2424. DOI: 10.3390/su11082424.

Lister, B. C. y Garcia, A. (2018). "Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web". Proceedings of the *National Academy of Sciences*. DOI: 10.1073/pnas.1722477115.

Louv, R. (2018). *Los últimos niños del bosque*. Capitán Swing Libros, S. L. c/ Rafael Finat (58, 2ª - 28044) Madrid, España (ISBN: 978-84-948710-1-6).

Maalouly, M.; Franck, P.; Bouvier, J. C.; Toubon, J. F. y Lavigne, C. (2013). "Codling moth parasitism is affected by semi-natural habitats and agricultural practices at orchard and landscape levels". *Agriculture, Ecosystems & Environment* (169, 33-42). DOI: 10.1016/j.agee.2013.02.008.

Mairin, T.; Chi-Ching, C.; Carrasco, K.; Nagatomo, S. y Rucklidge, J. (2018). "Dietary and Micronutrient Treatments for Children with

Neurodevelopment Disorders”. *Current Developmental Disorders Reports* (1-10). DOI: 10.1007/s40474-018-0150-5.

Mancuso, S. y Viola, A. (2015). “*Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal*”. España: Editor Galaxia Gutenberg, S.L. (ISBN: 978-84-16252-63-3).

Manneh, B. (2018). “The Effects of Nitrogen Fertilization of Wheatgrass on the South American Locust (*Schistocerca cancellata*)”. ASU Library, Arizona State University.

Manso, L. y Forján, H. (2016). *Rotaciones y secuencias de cultivos en la región mixta cerealera del centro-sur bonaerense: 30 años de experiencias* (1a ed.). Tres Arroyos, Buenos Aires: Ediciones INTA (ISBN: 978-987-521-699-0).

Mantilla, L. C. y Acosta Pineda, R. C. (2013). “Bacterias celulolíticas aisladas del intestino de termitas (*Nasutitermes nigriceps*) con características probióticas y potencial en la degradación del pasto”. *Revista Colombiana de Biotecnología* (vol. XV, N° 1, enero-junio, 2013, pp. 8-16). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Mardomingo, M. J. (2008). “Uso de antidepresivos en niños”. *Anales de pediatría Continuada* (vol. 6, N° 1). DOI: 10.1026/S1696-2818(08)74850-9.

Mattoso, T. C.; Moreira, D. D. O. y Samuels, R. I. (2012). “Symbiotic bacteria on the cuticle of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus* protect workers from attack by entomopathogenic fungi”. *Biology letters* (vol 8, issue 3). DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0963>.

Mayer, A. M. (1997). “Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables”. *British Food Journal* (99. 207-211). DOI: 10.1108/00070709710181540.

Medina, O. D. (2017). “Agronomía Sostenible: ¡Un paso de la muerte a la vida!” *Cultura Empresarial Ganadera Internacional*. Sede Argentina. Recuperado (en línea) de [https://culturaempresarialganadera.org/2017/08/04/agronomia-sostenible-un-paso-de-la-muerte-a-la-vida/\(17/11/2017\)](https://culturaempresarialganadera.org/2017/08/04/agronomia-sostenible-un-paso-de-la-muerte-a-la-vida/(17/11/2017)).

Meliujin, S. (1963). *Dialéctica del Desarrollo en la Naturaleza Inorgánica* (1ra ed. en español. Traducción del ruso por Lydia Kuper de Velasco). México: Editorial Grijalbo S. A.

Mescher, M. C. y De Moraes, C. M. (2015). "Papel de la percepción sensorial de las plantas en las interacciones planta-animal". *Journal of Experimental Botany* (vol. 66, N° 2, pp. 425-433). DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru414>.

Ministerio de Agroindustria, Secretaría de Agregado de Valor (2016). Resolución 29/2016. Boletín Nacional de la República Argentina N° 33.351. Circular N° 996 - Amarillo.

Miranda, C. H. B.; Santos, J. C. y Bianchin, I. (2000). "The role of *Digionthophagus gazella* on pasture cleaning and production as a result of burial of cattle dung". *Pasturas Tropicales* (22, pp. 14-19).

Mitchell, R. J.; Hester, A. J.; Campbell, C. D.; Chapman, S. J.; Cameron, C. M.; Hewison, R. L. y Potts, J. M. (2010). "Is vegetation composition or soil chemistry the best predictor of the soil microbial community?" *Plant and Soil*, 333(1-2), 417-430. (1-2), 417-430. DOI: 10.1007/s11104-010-0357-7 333.

Mohamed Hemida, A. A., Shukry A. O. y Sokol K. (2000). "The impact of pesticides on arbuscular mycorrhizal and nitrogen-fixing symbioses in legumes". *Applied Soil Ecology* (vol. 14, issue 3, pp. 191-200). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00056-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00056-1).

Montés, J. F. (2013). *El Universo de los Insectos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa (ISBN: 978-84-8476-638-4).

Muños de Toro, M.; Durando, M.; Beldomenico, P. M.; Beldominico, H. R.; Kass, L.; García, S. R. y Luque, E. H. (2006). "Estrogenic microenvironment generated by organochlorine residues in adipose mammary tissue modulates biomarker expression in ER - positive breast carcinomas". *Breast cancer research* (vol. 8, N° 4, R 47). Recuperado (en línea) de <http://breast-cancer-research.com/content/8/4/R47> (13/10/2020).

Nabavi, S. F.; Bilotto, S.; Russo, G. L.; Orhan, I. E.; Habtemariam, S.; Daglia, M.; Devi, K. P.; Loizzo, M. R.; Tundis, R. y Nabavi, S. M. (2015). "Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cancer: lessons learned from clinical trials". *Cancer Metastasis Reviews*, 34(3), 359-380. DOI: 10.1007/s10555-015-9572-2.

Nash, M. A.; Thomson, L. J. y Hoffmann, A. A. (2008). "Effect of remnant vegetation, pesticides, and farm management on abundance of the beneficial

predator *Notonomus gravis* (Chaudoir) (Coleoptera: Carabidae)". *Biological Control*, 46(2), 83-93. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2008.03.018.

Näsholm, T.; Kielland, K. y Ganeteg, U. (2009). "Uptake of organic nitrogen by plants". *New Phytologist* (182, 31-48). DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02751.x.

National Academy of Sciences, Working Group on Teaching Evolution (1998). *Teaching about Evolution and the Nature of Science*. National Academy Press, Washington, D. C.

Nicholls, C. I.; Parrella, M. P. y Altieri, M. A. (2000). "Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops". *Agricultural and Forest Entomology* (2, 107-113).

Nichols, E.; Spector, S.; Louzada, J.; Larsen, T.; Amezcuita, S. y Favila, M. E. (2008). "Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles". *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.04.011.

Noroozlo, A. Y.; Souri, M. K. y Delshad, M. (2019). "Effects of Soil Application of Amino Acids, Ammonium, and Nitrate on Nutrient Accumulation and Growth Characteristics of Sweet Basil". *Communications in Soil Science and Plant Analysis* (1-9). DOI:10.1080/00103624.2019.1689249.

Ohashi, D. V. y Urdampilleta, J. D. (2003). "Interacción entre insectos perjudiciales y benéficos en el cultivo de tabaco de misiones, Argentina". *Revista de Investigaciones Agropecuarias* (vol. 32, N° 2, agosto, pp. 113-124). Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Ojito-Ramos, K. y Portal, O. (2010). "Introducción al sistema inmune en plantas". *Biotecnología Vegetal* (vol. 10, N° 1, pp. 3-19, enero-marzo). ISSN: 1609-1841 (Versión impresa). ISSN: 2074-8647 (Versión electrónica).

Olson, D. M. y Wäckers, F. L. (2007). "Management of field margins to maximize multiple ecological services". *Journal of Applied Ecology* (44, 13-21).

Ordeñana, K. M. (2002). "Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno". *Manejo Integrado de Plagas* (N° 63, pp. 22-32). Costa Rica: Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos, Facultad de Agronomía

y Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular. Universidad de Costa Rica.

Orgiazzi, A. y Panagos, P. (2018). "Soil biodiversity and soil erosion: It is time to get married. Adding an earthworm factor to soil erosion modelling". European Commission, Joint Research Centre (JRC), Directorate for Sustainable Resources, Land Resources Unit, Ispra, Italy. DOI: 10.1111/geb.12782.

Organización Mundial de la Salud (2019). *Agua*. Recuperado (en línea) de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (05/02/2020).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1997). *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos*. Estudio FAO Riego y Drenaje (55) (ISBN: 92-5-303875-6).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2014). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra*. Recuperado (en línea) de [http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/G1/\\*/S](http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/G1/*/S) (05/02/2020).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2015). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Informe resumido (ISBN: 92-5-304761-5).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Roma, Italia. (ISBN: 978-92-5-309681-7).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Santiago (Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018). *Iniciativa para ampliar la escala de la Agroecología. Transformar la alimentación y los sistemas agrícolas apoyo de los ODS* (19049ES/1/04.18).

Orhan, I. E. (2012). "Biotechnological Production of Plant Secondary Metabolites". *Bentham Science Publishers* (252 p.) (ISBN: 978-1-60805-410-7).

Orr, C. H.; James, A.; Leifert, C.; Cooper, J. M. y S. P. Cummings. (2011). "Diversity and Activity of Free-Living Nitrogen-Fixing Bacteria and Total Bacteria in Organic and Conventionally Managed Soils". *American Society for Microbiology*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01250-10>.

Ostman, O.; Ekbom, B.; Bengtsson, J. (2001). "Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control". *Basic Appl. Ecol.* (2, 365-371).

Palacio-Vargas, J. G. (2014). "Biodiversidad de Collembolos (Hexapoda: Entognatha) en México". *Revista Mexicana de Biodiversidad* (vol. 85, Supplement 1, January, pp. 220-231). DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.32713>.

Panigatti, J. L. (2015). *Aspectos de la erosión de los suelos en Argentina* (70 pp.). Buenos Aires: Ed. AACCS (ISBN: 978+987-33-6714-4).

Papp, L. V.; Holmgren, A. y Khanna, K. K. (2010). "Selenium and Selenoproteins in Health and Disease". *Antioxidants & Redox Signaling* (vol. 12, N° 7). Mary Ann Liebert, Inc. DOI: 10.1089=ars.2009.2973.

Paro, S. e Imler, J. L. (2016). "Immunity in Insects". *Encyclopedia of Immunobiology* (vol. 1). Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire, Strasbourg, France. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374279-7.12006-5>.

Paschoal, A. D. (1979). *Pragas, praguicidas & crise ambiental, problemas e solucoes* (XI: 102). Rio de Janeiro: FGV.

Pena de Ladaga, S. y Berger, A. (2015). *Administración de la Empresa Agropecuaria: conceptos y criterios para el planeamiento* (1ra ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía (240 pp.) (ISBN: 978-987-29338-0-7).

Peña, J. y Gracef, J. (1986). "Water relations and Ultrasound emissions of *Pinus sylvestris* L. before, during and after a period of water stress". Department of Forestry and Natural Resources, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JJ, UK.

Pereira, F. C.; Machado Filho, L. C. P.; Kazama, D. C. S.; Guimarães Júnior, R.; Pereira, L. G. R. y Enríquez-Hidalgo, D. (2020). "Effect of recovery period of mixture pasture on cattle behaviour, pasture biomass production and pasture nutritional value". *Animal*, page 1 of 8 © The Animal Consortium. DOI: 10.1017/S1751731120000701.

Pieterse, M. J.; Van der Does, D.; Zamioudis, C.; Leon-Reyes, A. y Van Wees, S. C. M. (2012). "Hormonal Modulation of Plant Immunity". *The Annual Review of Cell and Developmental Biology* (28:489-521). DOI: 1081-0706/12/1110-0489\$20.00.

Pimentel, D.; Patzek, T., y Cecil, G. (2007). "Ethanol Production: Energy, Economic, and Environmental Losses". *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (25-41). DOI: 10.1007/978-0-387-35368-5\_2.

Pinheiro Machado Filho, L. C.; Pinheiro Machado, T. M.; Hötzel, J. M. y Koppany, G. (2007). "Produção intensiva de suínos em pastagens". *Simpósio Nacional sobre Produção Animal e Ambiente* (2007/11/11-09). Escola de Veterinária da UFMG – Belo Horizonte, MG. Brasil.

Pinheiro Machado Filho, L. C. (2011). "Conceituando o "tempo ótimo de repouso" em Pastoreio Racional Voisin". Resumos do I Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens. *Cadernos de Agroecologia* (vol 6, Nº 1).

Pinheiro Machado Filho, L. C.; Rocha, L. C.; Almeida, W. V.; Schwambach, S.; Pinheiro Machado, T. M. y Craesmeyer, D. (2019). "Plantio direto de milho em pastagem em sistema de PRV para silagem". *Cadernos de Agroecologia* (vol. 14, Nº 2, febrero) (ISSN: 2236-7934). Anais do III Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens.

Pinheiro Machado, L. C. (2016). *Pastoreo Racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio* (1ra ed., 6ª reimp.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferios Sur. (336 p.) (ISBN: 978-950-504-576-1).

Pinheiro Machado, L. C. y Pinheiro Machado, L. C. (Filho) (2016). *La Dialéctica de la Agroecología. Contribución para un mundo con alimentos sin venenos* (1ra ed.) Bs. As: Hemisferio Sur. (280 p.) (ISBN: 978-950-504-632-4).

Piquin A. y Porzio, L. A. (1971). *Soja. Cartilla del productor* (pp. 39). Buenos Aires, Argentina: INDO S. A. C.

Pollan, M. (2012). *Saber comer. 64 reglas básicas para aprender a comer bien* (1ª ed.). Barcelona: Debate (ISBN: 978-987-1786-4-97).

Pottenger, F. M. (1946). "The effect of heat-processed foods and metabolized vitamin D milk on the dentofacial structures of experimental animals". *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 32(8), A467-A485. DOI: 10.1016/0096-6347(46)90180-9

Pottenger, F. M. (1983). *Pottenger's cats: a study in nutrition*. La Mesa, CA: Price-Pottenger Nutrition Foundation.

Primavesi, A. (2009). *El Suelo Tropical*. Instituto Universitario Latinoamericano de Agroecología Paulo Freire-Carretera Vieja, troncal 5, Sector La Marqueseña, Parroquia Rodríguez Domínguez, Municipio Alberto Arvelo Torrealba, Estado Barinas (Código Postal: 5224. Teléfono: (0058) 0273-3112323. Email: ialapaulofreire.ven@gmail.com).

Putnam, A. R. (2017). "Allelochemicals from Plants as Herbicides". Published online by Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00032371>.

Qin, J.; Li, R.; Raes, J. *et al.* (2010). "A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing". *Nature* (464, 59–65). DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08821>.

Quintana de Quinteros, S. L. (2002). *Plagas Forestales en Plantaciones con Destino Industrial. Coníferas y Eucaliptus*. Cátedra de Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy.

Rathod, J. M. y Sarojini, J. K. (2018). "Nutrient composition of millet composite flour". *The Pharma Innovation*, 7(10): 307-310. ISSN (E): 2277-7695. ISSN (P): 2349-8242.

Ravi, C.; Jeyashree, A. y Renuka Devi, K. (2011). "Antimicrobial Peptides from Insects: An Overview". Department of Zoology and Microbiology, Thiagarajar College (Autonomous) Madurai – 625 009, Tamil Nadu, India. *Research in Biotechnology*, 2(5): 01-07, 2011. ISSN: 2229-791X.

Rêgo, M. C. F.; Cardoso, A. F.; Ferreira, C.; de Filippi, M. C. C.; Batista, T. F. V.; Viana, R. G. y da Silva, G. B. (2018). "The role of rhizobacteria in rice

plants: Growth and mitigation of toxicity". *Journal of Integrative Agriculture* 17(12): 2636–2647. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)62039-8.

Restrepo Rivera, J. y Pinheiro, S. (2009). *Agricultura Orgánica. La Remineralización de los alimentos y la Salud a partir de la regeneración Mineral del Suelo* (2da ed.). Cali, Colombia: Editorial Feriva (ISBN: 978-958-33-4328-5).

Restrepo Rivera, J. (2007). *Manual Práctico. El ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra* (2da ed.) (ISBN: 978-958-44-1261-4). Cali, Colombia.

Rice, E. L. (1984). *Allelopathic. Physiological Ecology* (2da ed.). Academic Press (ISBN: 9780080925394).

Ríos, F. T.; Wierna, N. R.; Ruggeri, M. A. y Bovi Mitre, M. G. (2016). "Determinación de etilentiourea en acelgas tratadas con Zineb. Efecto del calor húmedo por ebullición". *Acta Toxicológica Argentina*, 24 (3): 180-186.

Robert, S.; Santangelo, F.; Albornoz, I. y Dana, G. (2009). "Estructura del feedlot en Argentina. Nivel de asociación bovina a corral y los titulares de faena". Buenos Aires. Argentina: Instituto de la Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA).

Rodales, J. I. (1946). *Abonos Orgánicos. El cultivo de huertas y jardines con compuestos orgánicos* (1ra ed.) Buenos Aires, Argentina: Editorial Tres Emes.

Romero, N. A.; Comerón, E. A. y Ustarroz, E. (1995). "Manejo y Utilización de la Alfalfa". *El Sitio de la Producción Animal*. Recuperado (en línea) de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/26-crecimiento\\_y\\_utilizacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/26-crecimiento_y_utilizacion.pdf) (11/09/2020).

Rook, G. A. y Brunet, L. R. (2002). "Give us this day our daily germs". *Biologist* (London). Aug; 49(4) 145-149. PMID: 12167746.

Rosset, P. y Altieri, M. (2018). *Agroecología. Ciencia y Política* (3ra ed. en español) Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Rouphael, Y.; Kyriacou, M. C.; Petropoulos, S. A.; De Pascale, S. y Colla, G. (2018). "Improving vegetable quality in controlled environments". *Scientia Horticulturae* (234, 275-289). Doi: 10.1016/j.scienta.2018.02.033

Rusch, A.; Bommarco, R.; Jonsson, M.; Smith, H. G. y Ekbom, B. (2013). "Flow and stability of natural pest control services depend on

complexity and crop rotation at the landscape scale". *Journal of Applied Ecology*, 50(2): 345–354. DOI: 10.1111/1365-2664.12055.

Russell, E. J. (1934). *Condición del Suelo y Crecimiento de las Plantas* (6ta ed.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Poblet.

Russell, M. H. (2014). "*Connecting Children to Nature in a Montessori Primary Environment*". Master of Science in Education- Montessori - University of Wisconsin-River Falls. Recuperado (en línea) de <http://digital.library.wisc.edu/1793/69013>.

Saha, J. K.; Selladurai, R.; Coumar, M. V.; Dotaniya, M. L.; Kundu, S. y Patra, A. K. (2017). *Soil Pollution - An Emerging Threat to Agriculture*. Environmental Chemistry for a Sustainable World (ISBN 978-981-10-4273-7). DOI: 10.1007/978-981-10-4274-4.

Salisbury, F. B. y Ross, C. W. (1992). *Fisiología de las Plantas. Bioquímica Vegetal*. Madrid, España: Editorial Thomson Editores Spain. PARAFINO, S. A. (ISBN: 0-534-15162-0).

Samane, E. (2019). "Translocation, Leaf Distribution, and Nutritional Status of Manganese in Cucumber Plants as Affected by Foliar Application of Exogenous Amino Acids". *Journal of Plant Growth Regulation*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10053-8>.

Sánchez-Bayo, F. y Wyckhuys, K. A. (2019). "Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers". *Biological Conservation* (232, 8–27). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.

Santagelo, F. y Gil, F. (2016). *Potencial Productivo de la Ganadería Bovina de la Provincia de Santa Fe*. Informe Final. Recuperado (en línea) de <https://www.forrateg.com.ar/> (11/09/2020).

Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (1a ed.) La Plata: Universidad Nacional de La Plata (E-Book, ISBN: 978-950-34-1107-0).

Sartaj A.; Tiyagi, I. M.; Rizvi, R y Rafia Dev, T. (2009). "Utilization of Medicinal Plants for the Management of Root-Knot and Reniform Nematodes Infecting Tomato and Chilli". *Trends in Biosciences* 2 (1): 47-49, (ISSN: 0974-8431).

Savory, A. y Butterfield, J. (2019). *Manejo Holístico. Una Revolución del Sentido Común para Regenerar Nuestro Ambiente* (3ra ed.) (ISBN: 978-956-9727-10-8).

Sbaia, H.; Saada, I.; Ghezalb, N.; Della Grecac, M. y Haouala, R. (2016). "Bioactive compounds isolated from *Petroselinum crispum* L. leaves using bioguided fractionation". *Industrial Crops and Products* (89, 207–214). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.020>.

Schweiger, O.; Maelfait, J. P.; Van Wingerden, W.; Hendrickx, F.; Billeter, R.; Speelmans, M. y Bugter, R. (2005). "Quantifying the impact of environmental factors on arthropod communities in agricultural landscapes across organizational levels and spatial scales". *Journal of Applied Ecology*, 42(6), 1129-1139. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2005.01085.x.

Schmale, I.; Wäckers, F. L.; Cardona, C. y Dorn, S. (2001). "Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production". *Biol. Control* (21, 134).

Schuster, J. (1964). "Root Development of Native Plants Under Three Grazing Intensities". *Ecology*, 45(1), 63-70. DOI: 10.2307/1937107.

Seó, H. L. S.; Machado Filho, L. C. P. y Brugnara, D. (2017). "Rationally 2Managed Pastures Stock More Carbon than No-Tillage Fields". *Front. Environ. Sci.* (5:87). DOI: 10.3389/fenvs.2017.00087.

Servan-Schreiber, D. (2014). *Anticáncer. Una nueva forma de vida*. Traducido por Inés Belaustegui Trias, RBA Revistas (ISBN: 978-84-670-3515-5).

Singh, D.; Mathimaran, N.; Boller, T. y Kahmen, A. (2019). "Bioirrigation: a common mycorrhizal network facilitates the water transfer from deep-rooted pigeon pea to shallow-rooted finger millet under drought". *Plant Soil* (440, 277-292). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04082>.

Sigala, J. A.; Uscola, M. y Oliet, J. A. (2019). "El papel del nitrógeno orgánico en el desarrollo de mecanismos de resistencia a estrés en especies del género *Pinus*: resultados preliminares". *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, 45(2): 71-86. DOI: <https://doi.org/10.31167/csecfv0i45.19489>.

Silva, J. C.; Kubiak, K. L.; Zarzycki, L. F. W. y Tessaro, D. (2018). "Diversidade da Classe Collembola em Diferentes Sistemas de Uso do Solo

no Sudoeste do Paraná". III Congresso Paranaense de Agroecologia - III CPA - III Paraná Agroecológico. 5 a 9 de novembro. Foz do Iguaçu-PR, Brasil (ISSN 2236-7934).

Simopoulos, A. P. (2008). "The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases". *Experimental Biology and Medicine* (233:674-688). DOI: 10.3181/0711-MR-311.

Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). *Ecología* (6ta ed.). Madrid: Pearson Educación, S. A. (ISBN: 978-84-7829-084-0).

Smill, V. (2003). *Alimentar al mundo. Un reto para el siglo XXI*. Madrid: Siglo XXI de España.

Soberón, M. y Bravo, A. (2007). "Las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis*: modo de acción y consecuencias de su aplicación". *Biotechnología* (14:303-314). Recuperado (en línea) de [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro\\_25\\_aniv/capitulo\\_27.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_27.pdf) (09/02/2019).

Song, Y.; Zhu, L. S.; Wang, J.; Wang, J. H.; Liu, W. y Xie, H. (2009). "DNA damage and effects on antioxidative enzymes in earthworm (*Eisenia foetida*) induced by atrazine". *Soil Biology and Biochemistry* (vol. 41, issue 5, may, pp. 905-909). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.09.009>.

Song, Y. Y.; Zeng, R. S.; Xu, J. F.; Li, J.; Shen, X. y Yihdego, W. G. (2010). "Interplant communication of tomato plants through underground common mycorrhizal networks". *PLoS ONE* 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0013324.s0013003.

Sonntag, O. (1997). "Religion and Science in the Thought of Liebig". *AMBIX* (vol. 24, part. 3, november). Washington Square Village, New York, New York 10012, USA.

Souri, M. K. y M. Hatamian. (2019). "Aminochelates in plant nutrition; a review". *Journal of Plant Nutrition* (42). DOI: 10.1080/01904167.2018.1549671.

Souri, M. K.; Sooraki, F. Y. y Moghadamyar, M. (2017). "Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer". *Horticulture Environment and Biotechnology* (58). DOI: 10.1007/s13580-017-0349-0.

Souza, B.; Vázquez, L. L., y Marucci, R. C. (eds.) (2019). *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity*. DOI: 10.1007/978-3-030-24733-1.

Stanley, P. L.; Rowntree, J. E.; Beede, D. K.; DeLonge, M. S. y Hamm, M. W. (2018). "Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems". *Agricultural Systems* (162, 249-258). DOI: 10.1016/j.agsy.2018.02.003.

Steinauer, K.; Chatzinotas, A. y Eisenhauer, N. (2016). "Root exudate cocktails: the link between plant diversity and soil microorganisms?" *Ecol Evol* 6 (20): 7387–7396. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.2454>.

Stange, C.; Briceño, E.; Latorre, B. A. y Arce-Johnson, P. (2007). *Interacción Planta Patógeno*. Fisiología Vegetal (F. A. Squeo y L. Cardemil, eds.). La Serena, Chile: Ediciones Universidad de La Serena.

Stumpner, A. y von Helversen, D. (2001). "Evolution and function of auditory systems in insects. Review Article". *Naturwissenschaften* (88:159-170). DOI: 10.1007/s001140100223.

Suciu, N. A.; Ferrari, F. y Trevisan, M. (2018). "Organic and conventional food: comparison and future research". *Trends in Food Science & Technology*. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.12.008.

Suzán, G.; Marcé, E.; Giermakowski, T.; Ceballos, G.; Ostfeld, R. S.; Armien, B.; Pascale, J. M. y Yates, T. L. (2009). "Experimental Evidence for Reduced Rodent Diversity Causing Increased Hantavirus Prevalence". *PLoS One*; 4(5): e5461. DOI: 10.1371/journal.pone.0005461.

Takao, M.; Nonaka, M.; Masumoto, K.; Nashiki, H.; Kihara, S.; Ishida, S. y Komaki, H. (2004). "Atomic Conversion in the Long-Term Experiment of Calcium Hydroxide and Aluminum in Atmosphere". Asian Pacific Confederation of Chemical Engineers congress program and abstracts. The Society of Chemical Engineers, Japan. DOI: <https://doi.org/10.11491/apcche.2004.0.160.0>.

Tameling, W. I. L. y Takken, F. L. W. (2008). "Resistance proteins: scouts of the plant innate immune system". *Eur J Plant Pathol* (121:243-255). DOI: 10.1007/s10658-007-9187-8.

Thomas, D. E. (2007). "The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson".

*Nutrition and Health* (19: 21-55). DOI: 10.1177/026010600701900205.

Tilman, D. (1998). "The greening of the green revolution". *Nature* (vol. 396, 19 november).

Traedwell, D. D.; McKinney, D. E. y Creamer, N. G. (2003). "From Philosophy to Science: A Brief History of Organic Horticulture in the United States". *Hort Science*, vol 35(5), agosto.

Tsakas, S. y Marmaras, V. J. (2010). "Insect immunity and its signalling: an overview". Department of Biology, University of Patras, 26500 Patras, Greece (ISSN 1824-307X).

Tscharntke, T.; Bommarco, R.; Clough, Y.; Crist, T. O.; Kleijn, D.; Rand, T. A.; Tylianakis, J. M.; van Nouhuys, S. y Vidal, S. (2007). "Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale". *Biol. Control* (43, 294-309).

Turnock, S. T.; Allen, R. J.; Andrews, M.; Bauer, S. E.; Emmons, L.; Good, P.; Horowitz, L.; Michou, M.; Nabat, P.; Naik, V.; Neubauer, D.; O'Connor, F. M.; Olivié, D.; Schulz, M.; Sellar, A.; Takemura, T.; Tilmes, S.; Tsigaridis, K.; Wu, T. y Zhang, J. (2020). "Historical and future changes in air pollutants from CMIP6 models". *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-2019-1211>.

Uwizeyimana, H.; Wang, M.; Chen, W. y Khan, K. (2017). "The eco-toxic effects of pesticide and heavy metal mixtures towards earthworms in soil". *Environmental Toxicology and Pharmacology* (vol. 55, october, pp. 20-29). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.001>.

Picasso, V. D.; Brummer, E. C.; Liebman, M.; Dixon, P. M. y Wilsey, B. J. (2011). "Diverse perennial crop mixtures sustain higher productivity over time based on ecological complementarity". *Renewable Agriculture and Food Systems* (vol. 26, Nº 4, december, pp. 317-327).

van Ruijven, J.; Ampt, E.; Francioli, D. y Mommer, L. (2020). "Do soil-borne fungal pathogens mediate plant diversity-productivity relationships? Evidence and future opportunities". *Journal of Ecology* (early view). DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13388>.

Vargas-Albores, F. y Ortega-Rubio, M. (1994). "El sistema inmune humoral de los insectos". *Tópicos de investigación y Posgrado*, IV (1): 21:28. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, B. C. S.

Virginia, A.; Zamora, M.; Barbera, A.; Castro-Franco, M.; Domenech, M.; De Gerónimo, E. y Costa, J. L. (2018). "Industrial agriculture and agroecological transition systems: A comparative analysis of productivity results, organic matter and glyphosate in soil". *Agricultural Systems* (167, 103-112). DOI: 10.1016/j.agsy.2018.09.005.

Voisin, A. M. (1957). *Productividad de la hierba*. Madrid, España: Editorial Tecnos S. A. (ISBN: 8-1-309-0519-7).

Voisin, A. M. (1971). *Suelo, Hierba, Cáncer* (3ra reimp.). Madrid, España: Editorial Tecnos S. A. (Dep. legal: M-5661).

Voisin, A. M. (1975). *Las Leyes Científicas en la Aplicación de los Abonos* (2da reimp.) Madrid, España: Editorial Tecnos S. A. (ISBN: 8430907998).

Vos, C. *et al.* (2012). "Mycorrhiza-induced resistance in banana acts on nematode host location and penetration". *Soil Biology & Biochemistry* (47, 60-66).

Vos, C. *et al.* (2013). "Mycorrhiza-induced resistance against the rootknot nematode *Meloidogyne incognita* involves priming of defense gene responses in tomato". *Soil Biology & Biochemistry* (60, 45-54).

Vysotskii, V. y Kornilova, A. (2019). "Biological Transmutation of Stable and Radioactive Isotopes in Growing Biological Systems". *J. Condensed Matter Nucl. Sci.* (28, 7-20) (ISSN 2227-3123).

Wall, L. G.; Gabbarini, L. A.; Ferrari, A. E.; Frene, J. P.; Covelli, J.; Reyna, D. y Robledo, N. B. (2019). "Changes of paradigms in agriculture soil microbiology". *Acta Oecologica* (95, 68-73). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.02.001>

Wall, L. G. (2020). *Historias del inframundo biológico* (1ra ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina (208 p.) (ISBN: 978-987-629-994-7).

Wan, N. F.; Ji, X. Y.; Gu, X. J.; Jiang, J. X.; Wu, J. H. y Li, B. (2014a). "Ecological engineering of ground cover vegetation promotes biocontrol services in peach orchards". *Ecol Eng* (64:62-65).

Wan, N. F.; Ji, X. Y. y Jiang, J. X. (2014b). "Testing the Enemies Hypothesis in Peach Orchards in Two Different Geographic Areas in Eastern China: The

Role of Ground Cover Vegetation”. *PLoS ONE*, 9(6), e99850. DOI: 10.1371/journal.pone.0099850.

Wan, N. F.; Ji, X. Y.; Kiær, L. P.; Liu, S. S.; Deng, J. Y.; Jiang, J. X. y Li, B. (2018). “Ground cover increases spatial aggregation and association of insect herbivores and their predators in an agricultural landscape”. *Landscape Ecology*, 33(5), 799-809. DOI: 10.1007/s10980-018-0635-y.

Wang, X.; Yang, G.; Shi, M.; Hao, D.; Wei, Q.; Wang, Z.; Fu, S.; Su, Y. y Xia, J. (2019). “Disruption of an amino acid transporter LHT1 leads to growth inhibition and low yields in rice”. *BMC Plant Biology*, 19(1). DOI: 10.1186/s12870-019-1885-9.

Welchman, D. P.; Aksoy, S.; Jiggins, F. y Lemaitre, B. (2009). “Insect Immunity: From Pattern Recognition to Symbiont-Mediated Host Defense”. *Cell Host & Microbe Meeting Report*. DOI: 10.1016/j.chom.2009.07.008.

Wigglesworth, V. B. (1982). *The Principles of Insect Physiology* (7ma ed.) Published by Chapman and Hall Ltd. London. (ISBN-13: 978-0-412-24660-9).

Wierna, N.; Saavedra, N.; Vargas, N.; Campos, E.; Ruiz, A.; Ruggeri, M.; Bovi Mitre, M. (2005). “Investigación Preliminar de Residuos de Zineb en Espinaca Comercializadas en San Salvador de Jujuy”. *Acta Toxicológica Argentina* (13:38-39).

Wild, A. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell* (Versión española). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (ISBN: 84-7114-400-X).

Wright, S.; Nichols, K.; Jawson, L.; Mckenna, L. y Almendras, A. (2001). “Glomalin - a Manageable Soil Glue”. Soil Science Society of America Special Publication Book Chapter. Recuperado (en línea) de <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=123063> (09/05/2020).

Wu, Q. S.; Cao, M. Q.; Zou, Y. N. y He, X. (2014). “Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliate orange”. *Scientific Reports*, 4(1). DOI: 10.1038/srep05823.

Yagodin, B. A. (1986). *Agroquímica*. Moscú: Editorial Mir (2 vols., 416-464 p.).

Yu, X.; Heong, K. y Hu, C. (2007). "Effect of Nitrogen Fertilizer on Herbivores and Its Stimulation to Major Insect Pests in Rice". *Rice Science* (vol. 14, issue 1, pp. 56-66). DOI: [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(07\)60009-2](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(07)60009-2).

Zaidi, A.; Khan, S. y Rizvi, P. Q. (2005). "Efecto de los herbicidas sobre el crecimiento, la nodulación y el contenido de nitrógeno de greengram". *Agronomía para el desarrollo sostenible*, Springer Verlag / EDP Sciences / INRA, 25 (4), pp. 497-504 (AlHal-00886309).

Zeevaert, C. P. y Moreno, B. B. (2011). *Nutrición aplicada al deporte* (1ra ed.) México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V. (ISBN: 978-607-15-0570-5).

Zhang, X. y F. Feng. (2004). "RClindex (1.0)". *Manual de usuario. Climate Research Branch Environment Canada* (Versión en español: Santos, J. L.). Recuperado (en línea) de <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml> (11/03/2020).

Zhao, F.; Zhang, Y.; Dong, W.; Zhang, Y.; Zhang, G.; Sun, Z. y Yang, L. (2019). "Vermicompost can suppress *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* through the generation of beneficial bacteria in a long-term tomato monoculture". *Plant Soil* (440, 491-505). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04104-y>.

Zhu-Salzman, K. y Zeng, R. (2015). "Insect Response to Plant Defensive Protease Inhibitors". *The Annual Review of Entomology*. (60:13.1-13.20). DOI: [10.1146/annurev-ento-010814-020816](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020816).

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY**

**Rector**

Lic. Rodolfo Alejandro Tecchi

**Vice-Rector**

C.P.N Javier Martínez

**Secretario General**

E.S. Edgardo Aramayo

**Secretario de Asuntos Académicos**

Mg. Mario César Bonillo

**Secretario Legal y Técnico**

Dr. César Guillermo Farfán

**Secretario de Administración**

C.P.N. Jaime Sebastián Berástegui

**Secretaria de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales**

Mg. Sandra Adriana Giunta

**Secretario de Extensión Universitaria**

E.S. Edgardo Aramayo (a cargo)

**Secretario de Bienestar Universitario**

Brom. Fernando Ramón Torrejón

**Coordinador de EDIUNJu**

Lic. Daniel González

La Agroecología está ampliamente reconocida como el modelo productivo a seguir para hacer frente a las catástrofes socioambientales que estamos atravesando y que cada vez nos golpean con más fuerza. La producción agroecológica de alimentos se basa en principios o pilares que, lejos de ser una serie de pasos a seguir, requieren de un conocimiento local para su aplicación. De ahí, la necesidad de sentar las bases científicas y prácticas para la producción agroecológica en nuestra región.

Este libro está dirigido a estudiantes de ciencias agrarias, ciencias biológicas y carreras afines, también a productores y a toda persona interesada en iniciar un sistema de producción agroecológico en el Norte argentino. En sus páginas encontrarán información teórica y práctica sobre producción agroecológica (a pequeña, mediana y gran escala), con casos reales de aplicación en nuestra zona y en regiones vecinas, donde diversos profesionales y productores hicieron valiosos aportes que enriquecen la lectura.

Entre algunos de los temas, que se trabajan en esta publicación, están los de política agropecuaria, investigaciones de urgente necesidad, calidad biológica de los alimentos, nutrición, certificación orgánica, bioinsumos y educación. Al final se extiende una importante invitación a todos aquellos productores y profesionales interesados en participar en estas teorizaciones y prácticas agroecológicas, para continuar agregando valor a este libro en futuras ediciones.

ISBN 978-950-721-601-5

