

## Provincia de Misiones

Norberto M. Pahr<sup>(1,3)</sup>, Domingo A. Sosa<sup>(2)</sup>, Sebastián E. Bárbaro<sup>(2)</sup>, Jorge L. Luty Florentín<sup>(2)</sup>, Nestor Munaretto<sup>(1)</sup>, Alejandra Von Wallis<sup>(1,3)</sup>, Roberto A. Fernández<sup>(1,3)</sup>

<sup>(1)</sup> Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo-INTA. Centro Regional Misiones

<sup>(2)</sup> Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul-INTA. Centro Regional Misiones

<sup>(3)</sup> Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. Eldorado, Misiones

### Regiones ecológicas-productivas

La provincia de Misiones se ubica en el extremo nordeste de la República Argentina, entre los paralelos 25° 28' y 28° 10' de Latitud Sur, y los meridianos 53° 38' y 56° 03' de Longitud Oeste y ocupa una superficie de 29.801 km<sup>2</sup>. Al norte y al este limita con la República Federativa de Brasil, al sur con esta última y con la provincia de Corrientes, y al oeste con la República del Paraguay (IPEC, 2015).

El clima es de tipo subtropical, isohigro, sin estación seca definida. Las isolíneas de precipitación anual van de 1600 mm en el suroeste a 2100 mm en el nordeste. La temperatura media anual oscila en torno de los 21° C, disminuyendo hacia el este-noreste a causa de la mayor altitud. La amplitud térmica media anual es de 11° C. Se registran de 2 a 4 heladas por año en las áreas cercanas a los grandes ríos, y más de 9 en las zonas más altas (Ligier *et al.*, 1990; IPEC, 2015).

El relieve responde a una formación mesetaria original muy erosionada por los ríos y arroyos presentando el aspecto de serranías cubiertas de selva, entre las que se destacan desde el SO al NE, las sierras del Imán, de Misiones, de la Victoria y Morena. La altitud decrece en dirección NE-SO, desde los 805 msnm en Bernardo de Irigoyen, hasta los 100 msnm en las cercanías de

Apóstoles y San Javier. La altitud media está comprendida entre 300 y 400 msnm. Se destacan además las planicies onduladas ubicadas al sur de la provincia y la del Río Paraná, que se caracterizan por un relieve surcado por ríos y arroyos originando suaves colinas y lomadas que limitan hacia el interior con las sierras (IPEC, 2015).

De acuerdo al relevamiento del INTA (Ligier *et al.*, 1990), el área de suelos “rojos profundos” pertenecientes a los ordenes Ultisoles, Alfisoles, y Oxisoles, totaliza 962.408 ha (32,3 %). Los “pedregosos”, en su mayoría someros de los ordenes Entisoles, Molisoles e Inceptisoles, ocupan 1.029.731 ha (34,5 %); cifra que incluye 103.411 ha de afloramientos rocosos. Los “pardos” preferentemente del orden Alfisoles de profundidad variable, generalmente inferior a 200 cm, cubren 651.952 ha (22,0 %). Y el área ocupada por suelos hidromórficos de los ordenes Molisoles y Alfisoles es de 136.376 ha (4,6 %).

Con la finalidad de disponer de información sobre los sistemas productivos presentes en las diferentes zonas de la provincia, orientada al diseño de políticas, priorización de líneas de investigación y campos de intervención, así como para la planificación estratégica del sector agroindustrial, Günther *et al.* (2008) establecieron 5 zonas agroeconómicas homogéneas (ZAH) en la provincia de Misiones (Figura 1), en función de las características ambientales, socio-económicas y de aspectos referidos a la estructura agraria y de los sistemas productivos. La delimitación territorial tuvo en cuenta características similares de suelos, clima y uso de la tierra, como también aspectos sociales, productivos, económicos e institucionales, ajustados a los límites políticos de los departamentos.

Según dicho trabajo “la ZAH 1 Noroeste comprende los departamentos Iguazú, Eldorado y Montecarlo, abarcando una superficie de 643.300 ha (21,6 % de la provincia), conteniendo en el año 2008 alrededor de 1.800 explotaciones (6,6 % del total provincial); con predominio de pequeñas chacras de hasta 50 ha, representando el 56 % en cantidad y el 4,6 % de la superficie, mientras que las explotaciones mayores a 500 ha, presentes en muy

poca cantidad, 5,2 %, pero ocupando mucha superficie, el 78,6 %. En cuanto al sistema productivo predominante, el 90,3 % de los establecimientos es forestal-yerbatero-ganadero, puro o mixto”.

La ZAH 2 Oeste abarca los departamentos Libertador General San Martín y San Ignacio, los que cubren una superficie de 311.300 ha (10,5 % de la provincia). Al 2008 tenían unas 3.030 explotaciones (11,2 % del total provincial). En este caso predominan predios menores a 50 ha, 80,6 % en cantidad, abarcando el 22,5 % de la superficie, en cambio los predios mayores a 500 ha, muy escasos en cantidad, 1,6 %, aparecen ocupando el 49,2 % de la superficie. En esta ZAH el sistema productivo predominante es yerbatero-forestal-ganadero, puro o mixto, presente en el 83,0 % de los establecimientos, mientras que el 17 % restante se dedica a cultivos agrícolas principalmente de mandioca.

La ZAH 3 Noreste comprende los departamentos General Manuel Belgrano, San Pedro y Guaraní, los cuales ocupan una superficie de 1.016.200 ha (34,0 % de la provincia), conteniendo al año 2008 unas 7.935 explotaciones (29,3 % del total provincial). En esta ZAH existe un neto predominio de predios de hasta 50 ha, 83,2 % en cantidad, los que en superficie representan el 24,3 %. Los establecimientos mayores a 500 ha no son significativos en cantidad, 0,8 %, pero sí en superficie, ocupando el 54,5 %. En el 65,2 % de las explotaciones el sistema de producción es ganadero y agrícola diversificado, siendo el tabaco el principal cultivo agrícola, mientras que en el 33,2 % de los predios es forestal-yerbatero-ganadero, puro o mixto.

La ZAH 4 Centro abarca los departamentos Cainguás, Oberá, Leandro N. Alem, 25 de Mayo y San Javier, cubriendo una superficie de 646.100 ha (21,7 % de la provincia). En el año 2008 había unas 11.966 explotaciones (44,2 % del total provincial). En esta ZAH existe un gran predominio de chacras menores a 50 ha, 86,4 % en número, representando el 52,7 % de la superficie, y si se incluyen las menores a 100 ha, representan el 96,1 % en cantidad y el 70,6 % de la superficie. Las explotaciones mayores a 500 ha solo representan el 0,3 % de los casos y el 12 % en superficie. Los sistemas productivos predominantes son varios, el yerbatero-

tealero, seguido por el ganadero, el forestal-yerbatero y el agrícola-tabacalero.

La ZAH 5 Sur, integrada por los departamentos Capital, Apóstoles, Candelaria y Concepción, abarca una superficie de 363.200 ha (12,2 % de la provincia), y contenía al año 2008 unas 2.348 explotaciones (8,7 % del total provincial). En este caso sobresalen en cantidad las chacras menores a 100 ha, 85,5 %, pero no tanto en superficie, representando el 30,5 %. En cambio, las explotaciones mayores a 500 ha representan solo el 2,6 % en cantidad, pero les corresponde el 47,2 % de la superficie. El 75,0 % de los establecimientos cuentan con un sistema productivo ganadero-yerbatero y el 25,0 % restante comprende actividades agrícolas y forestales.

**Figura 1.** Zonas Agroeconómicas Homogéneas de la Provincia de Misiones (Günther *et al.*, 2008)

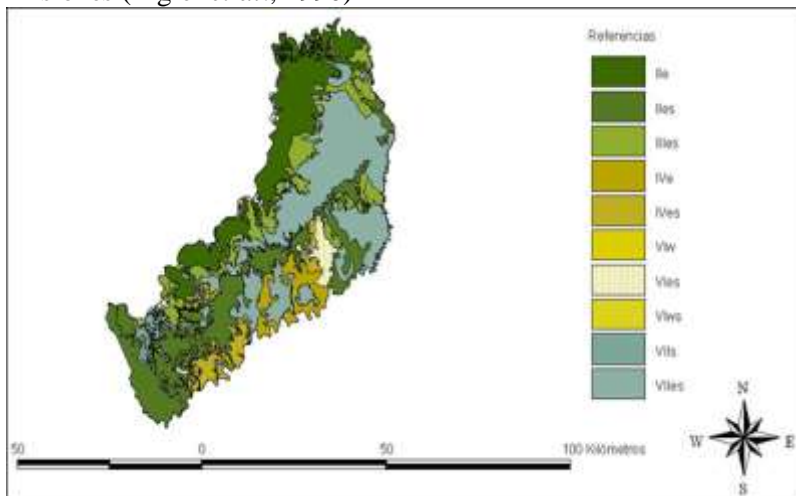


En este contexto de diversidad de condiciones agroecológicas, sumado a la situación del agro misionero en el que coexiste una variada gama de sistemas de producción propios de la agricultura familiar, como los agroforestales y silvopastoriles de renta y autoconsumo de pequeña escala y de bajos insumos; los cuales alternan con predios donde predominan cultivos perennes, sistemas ganaderos y silvopastoriles, extensivos, en muchos casos con elevado nivel tecnológico; se establece la necesidad de incorporar el proceso de planificación del uso y el manejo del suelo y el agua a nivel de predio, siendo recomendable ampliarlo a nivel de cuenca/microcuenca, como estrategia orientada a sostener la productividad, cuidar los recursos, minimizar los impactos sobre los servicios ambientales y, en particular, para manejar el agua de escurrimiento y prevenir la erosión.

### **Principales procesos de degradación de los suelos**

En el Atlas de Suelos de la República Argentina, Ligier *et al.* (1990) establecieron la aptitud de uso de los suelos de la provincia de Misiones utilizando el sistema de clasificación de las tierras por capacidad de uso del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1966), y se observa que en todas las clases descriptas correspondientes a suelos con posibilidad de ser arables y aptas para cultivos y pastos (II, III y VI) son acompañadas en todos los casos por la letra “e” que corresponde a la subclase con limitación por riesgo de erosión hídrica (Figura 2), condición que debe ser tomada en consideración en todo proceso de planificación de cualquier sistema de producción.

**Figura 2.** Capacidad de uso de las tierras de la provincia de Misiones (Ligier *et al.*, 1990)



Según Fernández *et al.* (2015), en Misiones, la incidencia de la erosión hídrica despertó inquietudes desde los albores de su agricultura, tal lo certifican antecedentes como los de Behr (1936) y de Gruner (1955), en los cuales se proponen técnicas de control y resultados y observaciones relacionadas a este proceso, y el hecho de que en 1958 el agricultor Alberto Roth recibiera la medalla Interamericana al Mérito de la Conservación del Suelo, a propuesta del Dr. Hugh Hammond Bennett.

Quienes indican asimismo que en bosques de ambientes cálidos y húmedos como los de Misiones, la productividad primaria neta y los aportes de materia orgánica fresca son comparativamente elevados respecto de otros ecosistemas. Como consecuencia del desmonte y el cambio de uso, disminuyen drásticamente los aportes y a la vez que se incrementa la tasa de mineralización, factores concurrentes que inducen a una disminución del contenido de materia orgánica en el suelo.

Si además se tiene en cuenta que una superficie significativa ha sido habilitada utilizando el arrastre con topadoras para formar escolleras a efectos de facilitar la quema de residuos, es evidente

que los suelos de la provincia fueron objeto de impactos significativos, por lo menos en cuanto a remoción superficial y a mermas en el contenido de materia orgánica, nutrientes, velocidad de infiltración y porosidad. Con estos procesos como predisponentes, y frente a condiciones de lluvias intensas y relieves de pendientes acentuadas, la erosión hídrica es consecuencia inevitable. De esta manera, los efectos de la erosión pueden observarse en toda el área bajo cultivo, tanto de especies anuales como perennes.

A pesar del conocimiento disponible y a las actividades de extensión realizadas, se observa que la implementación en terreno de buenas prácticas de manejo del suelo, en términos generales, cuenta aún con pocos ejemplos de aplicación. Como consecuencia, los procesos de degradación continúan su marcha y, si bien pueden resultar poco perceptibles, están deteriorando la base misma del sistema productivo provincial.

El diseño de los caminos poco adecuados al relieve, conjuntamente con los métodos comúnmente utilizados para el mantenimiento de los terrados, contribuye de manera significativa en los procesos de erosión hídrica. Por más que existen iniciativas bien orientadas, es aún muy incipiente la aplicación de criterios y técnicas tendientes al manejo integrado del agua entre los caminos y las áreas circundantes.

Si bien con diferentes grados, prácticamente todos los suelos cultivados de la provincia han sufrido procesos erosivos (Imagen 1). A los efectos de dimensionar esta problemática, Ligier *et al.* (1993) estimaron el riesgo de erosión máxima teórica de los suelos de Misiones y determinaron que el área correspondiente a las clases Alta, Muy Alta y Extremadamente Alta, representa alrededor del 63 % de las tierras y se corresponden con relieves fuertemente ondulado a escarpado. La clase Moderadamente Alta representa el 33 % de la superficie provincial y se asocia con relieves suave ondulado a ondulados, siendo ese el espacio ocupado por los suelos “rojos profundos”. Finalmente, menos de 5% del área presenta Bajo riesgo de erosión, y se corresponden con suelos cuya aptitud se restringe prácticamente a ganadería extensiva.



**Imagen 1.** Erosión hídrica en un suelo rojo profundo. Localidad de Puerto Rico. Misiones

Las referidas características biofísicas de Misiones, sumadas a los modos de intervención en el ecosistema, han generado impactos indeseables de relevancia, particularmente en cuanto a pérdida de diversidad biológica y de calidad de suelo. Si bien la erosión es el principal riesgo y proceso de degradación edáfica, la disminución de la materia orgánica, la compactación y la pérdida de nutrientes tienen un rol destacado entre las causas que provocan disminución en la fertilidad de los suelos (Fernández *et al.*, 2015).

Respecto de los procesos de degradación física, y dada la importante superficie destinada a plantaciones forestales, merecen especial mención los procesos de compactación sub-superficial, los cuales ocurren cuando la operación de cosecha se realiza en condiciones inadecuadas de humedad en el suelo (Fernández *et al.*, 2002).

Trabajos realizados en cultivos de tabaco y yerba mate muestran que la aplicación de prácticas conservacionistas, como labranza cero o reducida y cubiertas verdes, resultan adecuadas para conservar la condición física, química y biológica de los suelos en niveles compatibles con criterios de manejo sustentable del recurso (Bárbaro *et al.*, 2014 a y b; Sosa *et al.*, 1996 y 2013).



En el diverso paisaje del agro misionero coexiste una variada gama de sistemas de producción. Esta característica representa una complejidad particular a efectos de organizar la presentación de propuestas adecuadas para el buen uso y conservación de los suelos.

### **Normativas legales**

La Ley XVI 105 (Digesto Jurídico de Misiones, 2010) establece los mecanismos a implementar en la Provincia de Misiones para el ordenamiento y la conservación de los Bosques Nativos y el régimen de promoción de Manejo Sostenible. Según los criterios de sustentabilidad de esta ley, asigna la Categoría I (Rojo) a las Áreas Naturales Protegidas, las cuales, bajo diferentes categorías de conservación, totalizan 223.468 ha; mientras que adjudica 957.192 ha a la Categoría II (Amarillo) que incluye selvas de cobertura cerrada y variable, bosques en galerías, cañaverales, bosques protectores de los suelos con pendientes mayores al 15 %, bosques secundarios, bosques rurales y bosques degradados en tierras agropecuarias. Finalmente, la Categoría III (Verde) representa 447.487 ha cubiertas con bosques nativos y que, por la aptitud de los suelos, pueden ser utilizadas para desarrollar actividades productivas.

De acuerdo a los criterios enunciados por dicha ley, se habilitan los terrenos de la Categoría III (Verde) a la producción, siempre y cuando las actividades sean sostenibles, no afecten áreas pobladas por comunidades indígenas, no afecten corredores biológicos, ni áreas con existencia de especies protegidas, y se dé cumplimiento a todas las normativas provinciales vigentes sobre la prohibición de desmontar bosques protectores de cursos de agua, nacientes, divisorias de cuencas, bañados y de suelos con pendientes iguales o mayores al 15 % medidos en tramos mayores a 100 m, y además respeten las fajas ecológicas de bosques nativos que deben dejar alrededor de las parcelas desmontadas.

Por otra parte, la ley XVI – N° 12 (antes Decreto Ley 1378/81), adhiere a la Provincia de Misiones al régimen establecido en la Ley Nacional 22.428 de Conservación de Suelos. En su ley XVI – N° 115 establece como autoridad de aplicación al Instituto Misionero

de Suelos, quién debe articular sus funciones en las áreas de manejo, conservación y/o recuperación de suelos de acuerdo a lo establecido en la ley XVI – N° 105 (Artículo 6) de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos, atendiendo a la magnitud del proceso de degradación, como así también para establecer obligaciones y medidas de estímulo articulado

En todos los casos, “las áreas de producción deben ser caracterizadas según el potencial productivo de los suelos, su sensibilidad y los requerimientos de manejo, a los efectos de definir las prácticas que son pertinentes de aplicar para manejar y conducir adecuadamente el agua, y para evitar, controlar y revertir los diferentes procesos de degradación que sufren los suelos de la provincia destinados a la producción agrícola, ganadera, forestal y sistemas agroforestales en todas sus variantes”.

### **Prácticas de manejo y conservación del suelo y del agua en la Provincia de Misiones**

A continuación, se proponen las principales prácticas de manejo y conservación de los suelos y el agua recomendadas en la Provincia de Misiones. Las mismas se pueden implementar de manera individual o combinada, en este último caso, buscando complementar los efectos favorables que ofrece cada una con la finalidad de obtener los mejores resultados. Algunas son de uso general, aplicables a cualquier situación de uso del suelo, mientras que otras son de aplicación más específica, de acuerdo al cultivo o proceso de degradación considerado.

## 1.- Cultivo en contrapendiente

**Definición:** El cultivo en contrapendiente, también conocido como cultivo en curvas a nivel, consiste en instalar las hileras de plantas siguiendo trayectorias lo más próximas a un trazado de pendiente cero, buscando cortar de manera perpendicular la dirección de mayor inclinación del terreno (Imagen 2).

**Objetivo:** Evitar que el agua adquiera la velocidad y fuerza necesaria para generar erosión hídrica, además de aumentar las posibilidades de que se produzca infiltración al frenar el desplazamiento del agua en superficie.

La importancia de esta práctica radica en el hecho de que al sembrar o plantar las hileras del cultivo en contra de la pendiente, las demás labores del cultivo de mantenimiento, manejo y cosecha, se hacen de la misma manera, disminuyendo las posibilidades de que se desarrollen procesos erosivos. Además, cada hilera del cultivo se opone al paso del agua de lluvia que no logra infiltrar en el suelo, disminuyendo su velocidad y capacidad de arrastre del suelo.

**Condiciones para su aplicación:** Se considera que es necesario implementar esta práctica en cualquier planteo productivo, debido a las condiciones predisponentes de relieve, clima y suelos que tiene la provincia de Misiones para la ocurrencia de la erosión hídrica.

Resulta más efectiva para el control de la erosión hídrica en aquellos suelos ubicados en ambientes de relieve suave ondulado con pendientes no mayores a 3 %. Cuando se trata de sectores de relieve más pronunciado, es conveniente acompañar esta técnica con otras, que se describen a continuación, a los efectos de mejorar el manejo y la conservación del suelo y el agua.

**Equipo necesario:** Esta práctica requiere de la demarcación de al menos una curva a nivel, para lo cual es necesario disponer de alguno de los siguientes implementos: Nivel óptico y accesorios, nivel de manguera, o nivel tipo “A”. En todos los casos se requiere de estacas o jalones y de un mazo para señalar los puntos que

definen la curva a nivel. Cuando se utiliza el nivel óptico se requiere además de una cinta métrica para medir la distancia entre los puntos de demarcación de la curva a nivel.

**Normas técnicas:** En primer lugar, hay que establecer, en función del rango de pendiente del terreno, si es suficiente para el control de la erosión hídrica utilizar únicamente la práctica de cultivo en contrapendiente. Definido esto, dicha técnica requiere de la demarcación en el terreno, con alguno de los instrumentos antes mencionados, de una curva a nivel que se utilizará de curva guía o de referencia, tratando de ubicarla de tal manera que atravesase la parte media del área de cultivo. A los efectos de facilitar la realización de las tareas que implica instalar un cultivo, más aún cuando se utiliza maquinaria, se recomienda suavizar el trazado de dicha curva corrigiendo su sinuosidad.

Una vez trazada la curva a nivel de referencia, se procede a sembrar o plantar siguiendo la trayectoria de la misma, quedando las demás hileras del cultivo ubicadas de manera paralela entre sí, tanto hacia arriba como hacia abajo del terreno hasta cubrir toda el área.

**Mantenimiento:** En el caso de los cultivos perennes como yerba mate, té, citrus, caña de azúcar, forestales y agroforestales, la demarcación de la curva a nivel de referencia se realiza una sola vez, quedando establecido el cultivo en contrapendiente mientras perdura el mismo, sin requerir mantenimiento alguno. Cuando se realiza cultivos anuales en contrapendiente, como tabaco, mandioca, maíz, para evitar tener que remarcar la curva guía cada temporada, se recomienda fijar la misma con vegetación perenne como *Cymbopogon citratus* (citronela), *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Cajanus cajan* (guandú), entre otras. En este caso es necesario controlar de manera periódica el estado del cultivo perenne, y si es necesario, proceder a replantar las fallas o reemplazar la especie utilizada.

**Superficie de aplicación:** Se estima que existen alrededor de 65.000 ha cultivadas en la Provincia con la implementación de esta práctica, las cuales se aplican preferentemente en los cultivos de té, tabaco y yerba mate.



**Imagen 2.** Cultivo en contrapendiente. Plantación de yerba mate. Andresito. Misiones

## 2.- Barreras vivas

**Definición:** Esta práctica consiste en instalar hileras de plantas perennes a manera de fajas angostas, de forma intercalada a espacios regulares con el cultivo principal, siguiendo el trazado de curvas a nivel (Imagen 3). La especie a implantar como barrera viva debe ser rústica, de crecimiento rápido, de estructura densa y en lo posible con un sistema radicular agresivo y profundo.

**Objetivo:** Se pretende con esta práctica colocar barreras a lo largo de la pendiente del terreno, buscando acortar los tramos en los cuales se puede producir escurrimiento superficial e interrumpir el proceso de erosión hídrica si lo hubiera, favoreciendo la infiltración del agua al suelo, además de lograr la retención de sedimentos, de materia orgánica y de nutrientes.

**Condiciones para su aplicación:** El uso de las barreras vivas es aplicable mayormente en los terrenos destinados a cultivos anuales como maíz, mandioca, tabaco. En el caso de los cultivos perennes como yerba mate, té, citrus, caña de azúcar y forestales, esta técnica es de aplicabilidad relativa debido a que cada hilera de plantas ya cumple la función de barrera viva, con las correspondientes limitaciones.

La implementación de esta práctica comienza a justificarse en terrenos con pendientes superiores al 3 %, en los cuales el riesgo de ocurrencia de la erosión hídrica se acentúa y la aplicación únicamente de la técnica de cultivo en contrapendiente no alcanza para evitar la escorrentía, haciendo necesario colocar barreras de manera regular, que se interpongan al desplazamiento superficial del agua.

**Equipo necesario:** Es necesario un nivel, en cualquiera de sus modalidades, para determinar la pendiente media del terreno y el trazado de las curvas a nivel. También se necesita de un arado cincel o de un subsolador, tirados a tracción a sangre o tractor, para roturar el suelo a lo largo de cada curva a nivel, a los efectos de facilitar la plantación y mejorar las condiciones de crecimiento de la barrera viva. Además, se requiere disponer de material de propagación en cantidad y calidad, como semillas, estacas o plantas, según la especie a implantar.

**Normas técnicas:** Evaluada la necesidad de su implementación en función de las características topográficas del terreno y el tipo de cultivo a realizar, se procede a demarcar y suavizar las curvas a nivel. Luego, con el implemento que se disponga, cincel o subsolador, se rotura el suelo en la curva a nivel, siendo recomendable hacerlo con cierto tiempo de anticipación a la implantación de la barrera viva, para dar tiempo a que las precipitaciones acomoden las partículas y terrones de suelo, para evitar la presencia de cámaras de aire.

Logrado esto, se procede a implantar la barrera viva tratando de ocupar el menor ancho posible del terreno, 2 m como máximo, pero sin resentir la capacidad de controlar la erosión hídrica. Estas fajas se instalan con plantas gramíneas de tallo duro y porte erecto como *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) y *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), o gramíneas herbáceas como *Cymbopogon citratus* (citronela), o de tipo arbustivas como *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Cajanus cajan* (guandú).

El distanciamiento entre las barreras vivas se determina en función del gradiente de pendiente y tipo de suelo, con el criterio de dejar el espacio suficiente para el desarrollo del cultivo principal. A

modo de referencia, en un terreno de 3 % a 6 % de pendiente, con presencia de un suelo rojo profundo arcilloso y bien drenado, la distancia entre barreras estaría comprendida entre los 25 y 30 m.

**Mantenimiento:** Una vez instaladas las barreras vivas, las mismas requieren de un seguimiento periódico para evaluar su estado y determinar la necesidad de la reposición de plantas muertas por efecto de heladas o ataque de plagas, a los fines de reparar los sectores vulnerables y permeables al pasaje del agua de escorrentía. Es común realizar la poda de rebaje de las barreras vivas con machete en el período estival, con la finalidad de rejuvenecer las plantas a partir del rebrote y favorecer la sobrevivencia.

**Superficie de aplicación:** Los relevamientos indican que unas 8.000 ha, principalmente cultivadas con tabaco, disponen de la aplicación de esta técnica de manejo del suelo en la Provincia de Misiones.



**Imagen 3.** Barrera viva de *Cymbopogon citratus* (citronela) en plantación de tabaco. Cerro Azul. Misiones

### 3.- Terrazas

**Definición:** Una terraza es un terraplén formado por la combinación de un bordo de tierra y un canal, construido en sentido perpendicular a la pendiente del terreno siguiendo el trazado de una curva a nivel (Imagen 4).

Según la sección transversal del bordo y del canal, existen varios modelos de terraza que pueden adaptarse a las diferentes condiciones de cada lugar. En el caso particular de la provincia de Misiones se conocen las terrazas a nivel o de absorción, o con declive o de desagüe. Debido a las características ambientales de Misiones, conviene utilizar las de desagüe, que son recomendadas para zonas con precipitaciones importantes y con condiciones topográficas y edáficas que propician la acumulación excesiva de agua que es necesario desalojar hacia una salida natural o artificial debidamente protegida.

Además, las terrazas pueden ser de base ancha y de base angosta, siendo esta última la más utilizada en la provincia. La de base ancha tiene un bordo con una base lo suficientemente amplia, como para que se lo pueda laborear con la maquinaria agrícola y también cultivar, sin reducir la superficie de terreno productivo. En cambio, las de base angosta tienen una sección transversal formada por un pequeño bordo y un canal, donde el bordo no se cultiva, pero debe protegerse con vegetación permanente.

**Objetivo:** Con esta práctica se busca acortar la longitud de la pendiente, colocando obstáculos físicos a intervalos regulares para disminuir el volumen de la escorrentía e interrumpir el proceso de la erosión hídrica, aumentar la infiltración del agua al suelo y manejar los excesos del agua superficial a velocidades no erosivas.

**Condiciones para su aplicación:** Como se trata de una práctica que tiene un determinado costo de instalación, en primer lugar, es conveniente evaluar la necesidad de su implementación en función de las características del terreno en cuanto a relieve, drenaje, tipo de suelo, estado del mismo y uso y manejo a aplicar.

Es así que, cuando las prácticas de cultivos en contrapendiente y barreras vivas no son lo suficientemente efectivas para el control



de la escorrentía debido a la pendiente del terreno y al riesgo potencial de erosión hídrica, se recomienda incorporar la construcción de terrazas. En Misiones, en general, se comienza a utilizarlas en terrenos con pendientes mayores al 6 %, sin embargo, en el caso particular de cultivos anuales como mandioca, maíz y tabaco, se aconseja implementarlas en suelos con pendientes inclusive menores a ese valor de referencia.

La construcción de las terrazas se ve facilitada en terrenos con suelos profundos, bien drenados y libres de fragmentos gruesos como toscas, cascajos y piedras. En cambio, cuando mayor es la presencia y tamaño de los fragmentos de roca en el terreno, más dificultoso es el desempeño de la maquinaria y el equipo necesario para la formación de las terrazas, pudiendo resultar imposible en determinados casos.

**Equipo necesario:** Se requiere, un nivel óptico o un equipo de GPS geodésico para demarcar las curvas a nivel y el trazado de las terrazas. Como en la provincia de Misiones por lo general se construyen terrazas de base angosta, es necesario contar con un tractor agrícola de potencia suficiente para arrastrar el arado de discos o el arado terracedor o “taipero”, utilizados para construir el bordo y el canal de cada terraza. Si se trata de terrazas de base ancha, se requiere de maquinaria de mayor porte del tipo motoniveladora.

Cuando se busca mejorar la velocidad de infiltración en el área de la terraza, se necesita un arado subsolador estirado por un tractor agrícola de potencia adecuada. Para estabilizar el bordo con vegetación permanente se requiere de material de propagación, como semillas, estacas o plantas, según la especie.

**Normas técnicas:** El proceso de construcción de terrazas requiere de un relevamiento topográfico y de información sobre las características del suelo, régimen de precipitaciones, características del cultivo a implantar (perenne o anual) y criterios de manejo. Lo anterior permite determinar el tipo de terraza a instalar, su distribución y el espaciamiento vertical y horizontal entre ellas, además sirve para identificar las vaguadas naturales que podrán utilizarse como desagües.

La distancia horizontal entre terrazas o intervalo horizontal (IH) y la diferencia de altura o intervalo vertical (IV) entre terrazas, ambos medidos en metros, son dos parámetros esenciales del diseño, existiendo diferentes metodologías de cálculo para su determinación, que se pueden consultar en Cisneros, *et al.* (2012).

Delineadas las curvas a nivel de cada terraza se las construye empujando la tierra suelta hacia abajo del declive con la maquinaria y equipo disponible y requerido, según el caso, hasta formar el bordo y el canal. Si la terraza es de desagüe, se trazan con una leve inclinación, inferior al 0,4 % de pendiente, para producir la descarga del agua hacia un canal colector, pero de manera no erosiva. Se inicia el proceso siempre desde la parte superior del terreno para evitar inconvenientes generadas por la posible ocurrencia de lluvias torrenciales.

Un sistema de terrazas, para que cumpla mejor su función, se recomienda que vaya acompañado de prácticas como el subsolado en contrapendiente, barreras vivas, entre otras.

**Mantenimiento:** Se recomienda revisar periódicamente el estado de funcionamiento del sistema de terrazas para corregir problemas que pueden surgir por la ocurrencia de lluvias abundantes e intensas. Se deberá reparar en altura y ancho los bordos afectados y realizar el mantenimiento frecuente de los canales para facilitar el desagüe. Si se trata de terrazas de absorción, aplicar subsolador en la zona del canal de forma periódica para reestablecer la capacidad de infiltración. La consolidación del bordo o camellón con vegetación, principalmente gramíneas, es vital para su vida útil.

**Superficie de aplicación:** Esta técnica es implementada en alrededor de 15.000 ha en la Provincia de Misiones, prácticamente circunscripta a los cultivos de té y tabaco.



**Imagen 4.** Terreno sistematizado con terrazas de desagüe de base angosta. Cerro Azul. Misiones

#### **4.- Labranza cero y labranza mínima**

**Definición:** En principio, ambas prácticas requieren del mantenimiento de los rastrojos de cosecha o remanentes de cultivos de cobertura sobre el terreno. La labranza cero implica realizar la siembra o plantación sin previo laboreo del suelo. En cambio, en la labranza mínima se reduce al máximo la labor de remoción y se prepara el suelo únicamente en las franjas o líneas del cultivo, pudiendo ser continua cuando se trabaja en surcos de siembra a plantación (Imagen 5), o individual cuando se siembra o planta en huecos.

**Objetivo:** Con estas prácticas se busca evitar o reducir al máximo la roturación del suelo, pero tratando de ofrecer condiciones adecuadas para la germinación, establecimiento y el desarrollo de las plantas, siendo su principal propósito mantener el suelo cubierto con restos orgánicos la mayor parte del tiempo a los efectos de protegerlo contra la radiación solar directa, el golpe de las gotas de lluvia y de la erosión hídrica.

Se pretende, además, conservar la materia orgánica y los nutrientes del suelo, mantener una buena estructura y porosidad, favorecer la infiltración y aireación, mantener la humedad, alimentar y proteger a los organismos del suelo y contrarrestar el crecimiento de especies vegetales competidoras.

**Condiciones para su aplicación:** La implementación de una de estas dos prácticas resulta adecuada en combinación con cualquiera de las técnicas anteriores, cultivos en contrapendiente, barreras vivas, o terrazas, con lo cual se garantiza que las tareas de siembra o plantación se realicen en curvas a nivel, respetando la condición de mantener sobre el terreno los rastrojos de cosecha o de coberturas anteriores.

Es más sencillo de comprender su uso cuando se trata de cultivos anuales como maíz, mandioca, tabaco, porque se aplican en cada campaña productiva, en cambio, en cultivos perennes como yerba mate, té, citrus, caña de azúcar, forestales, es posible su implementación al momento de la plantación, luego el manejo consiste en aplicar labranza cero o mínima en la entrelínea sobre la cobertura vegetal presente, implantada o nativa.

Cuando se toma en consideración las condiciones del terreno, la labranza cero se recomienda aplicar en los ambientes con dificultades para mecanizar las tareas de roturación por problemas de drenaje o pedregosidad, en cambio la labranza mínima se aconseja realizar en terrenos con suelos profundos, arcillosos y bien drenados, para revertir posibles densificaciones superficiales generadas por el uso anterior.

Cabe mencionar que para poder implementar cualquiera de las dos prácticas es necesario que el rastrojo de cosecha del cultivo anterior o biomasa remanente del cultivo de cobertura este acondicionado sobre el terreno, cortado, aplastado o triturado según el caso, para poder realizar las tareas de siembra o plantación.

**Superficie de aplicación:** En la Provincia de Misiones suman alrededor de 26.000 ha sujetas al manejo del suelo con estas técnicas. Debido a sus características, su implementación se da mayoritariamente en los cultivos anuales, principalmente en el

cultivo de tabaco y algo en el de mandioca. En la actividad forestal el uso de la labranza mínima (solo subsolado) se va generalizando como técnica de implantación.

**Normas técnicas:** En primer término, para utilizar las prácticas de labranza cero o labranza mínima es conveniente adecuar el estado del terreno, manejando y acomodando todos aquellos obstáculos o impedimentos físicos que dificulten la siembra o plantación. También se recomienda corregir las limitaciones físicas, químicas y biológicas del suelo previo al cultivo, lo que implica complementarlas con otras prácticas que se desarrollan a continuación.

Para el establecimiento de plantaciones perennes, se recomienda efectuar la labranza mínima utilizando un arado subsolador hasta una profundidad de al menos 50 cm, luego es conveniente esperar que precipiten alrededor de 100 mm de lluvias para que acomoden las partículas y terrones de suelo y así evitar la presencia de cámaras de aire. Por este motivo es conveniente anticipar la labranza de manera tal que, al llegar el momento de la siembra o plantación, el suelo se encuentre en condiciones adecuadas.

En el caso de los cultivos anuales, es importante planificar la rotación o sucesión de cultivos, de manera tal de generar el aporte necesario de rastrojo y la cobertura adecuada del suelo. También es importante prever el sistema de manejo del rastrojo o cobertura vegetal, ya sea de forma mecánica y/o química.

**Equipos necesarios:** Para acondicionar el material vegetal preexistente derivado de un cultivo anual o de cobertura se requiere de moto-guadaña, macheteadora mecánica, rastra de discos liviana o rolo con cuchillas. Los remanentes de cosecha forestal requieren de la aplicación de rastra de discos pesada, rolo con cuchillas o triturador de residuos.

En el caso particular de la labranza mínima, para el laboreo del suelo se necesita de un arado cincel o subsolador cuando el cultivo es en líneas o de un hoyador si es individual. Ambas prácticas requieren además de sembradoras o plantadoras, mecanizadas o manuales. La mayoría de las tareas exigen disponer de un tractor

agrícola de potencia adecuada para tirar o accionar los implementos utilizados. El uso de tracción a sangre es común en determinados cultivos y zonas de la provincia de Misiones en tareas que no requieren elevada potencia.

**Mantenimiento:** Se recomienda simplemente tomar la precaución de mantener la mayor cantidad de material vegetal posible sobre el suelo proveniente de las cosechas, cultivos de cobertura y abonos orgánicos. Periódicamente evaluar el contenido de nutrientes y distribución en el perfil, además de posibles formaciones de capas densas o compactas, para implementar prácticas específicas para su corrección.



**Imagen 5.** Manejo de remanentes de cosecha anterior. Plantación de pino. Colonia Delicia. Misiones

## 5.- Cubiertas y abonos verdes

**Definición:** Es una cobertura vegetal viva, generalmente de uso temporario, que cubre el suelo (Imagen 6). Puede consistir en una sola especie o combinación de especies, cultivadas o de regeneración natural, de origen nativo o exóticas, manejadas en

monocultivo o en asociación con un cultivo principal, y se pueden utilizar tanto en el período estival como invernal.

Los términos “cultivo de cobertura” y “abono verde” se suelen utilizar como sinónimos. Sin embargo, los cultivos de cobertura están caracterizados por funciones más amplias y multipropósitos que abarcan la supresión de malezas, la conservación del suelo y del agua, el control de plagas y enfermedades, la alimentación humana y animal. Algunos autores denominan cultivo de cobertura cuando se deja cumplir todo el ciclo biológico y abono verde si se lo incorpora al suelo en determinada etapa de su desarrollo.

**Objetivo:** Con esta práctica se busca mantener el suelo cubierto la mayor parte del tiempo a los efectos de protegerlo contra la radiación solar directa y el golpe de las gotas de lluvia. Se pretende aportar materia orgánica fresca y sostener el nivel de materia orgánica del suelo. Mantener una estructura y porosidad que favorezcan la infiltración, la aireación y la humedad del suelo, reduciendo la evaporación y calentamiento en exceso. Incrementar la actividad biológica de especies que se alimentan del material incorporado al suelo. Reciclar los nutrientes. Fijar nitrógeno atmosférico. Evitar el crecimiento de especies vegetales acompañantes competidoras.

**Condiciones para su aplicación:** Cuando se opta por utilizar la cobertura de regeneración natural es necesario contar con diversidad y densidad de especies, con esto se asegura que el suelo sea explorado por las raíces en diferentes estratos, reciclando los nutrientes y generando mejores condiciones físicas. En suelos donde la regeneración natural es baja se recomienda utilizar cobertura implantada, las mismas se siembran o plantan en alta densidad generalmente como monocultivo hasta lograr la recuperación de la fertilidad del suelo.

Las características ambientales de la provincia de Misiones son propicias para implementar esta práctica de manera rutinaria y permanente. Las coberturas vegetales son aplicables en diferentes situaciones. En áreas con suelos degradados por el uso, se las puede dejar en descanso utilizando la práctica de cubrir el suelo con un cultivo de cobertura o dejando la vegetación de regeneración

natural durante un período suficientemente prolongado, por lo general superior a los dos años, para recomponer condiciones físicas, químicas y biológicas. También se la utiliza como complemento de la labranza cero o mínima.

Es común en Misiones utilizar esta práctica en los sistemas de cultivos anuales, principalmente en tabaco, alternándolo con períodos con abonos verdes. En cultivos perennes, esta práctica se utiliza en el espacio entre las líneas de plantas.

Las especies más utilizadas como cultivos de cobertura durante el período estival en la provincia de Misiones son *Canavalia ensiformis* (poroto sable), *Mucuna pruriens* (mucuna ceniza), *Mucuna deeringianum* (mucuna enana), *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (caupí colorado), *Cajanus cajan* (L.) Millsp (guandú), *Crotalaria juncea* (crotalaria), entre otras. Mientras que para el período invernal se utilizan la *Avena strigosa* (avena negra), *Lolium multiflorum* (rye grass), *Vicia villosa* (vicia velluda), *Lupinus albus* (lupino), *Medicago polymorfa* (trébol de carretilla), *Raphanus sativus* (nabo forrajero), además de otras.

**Superficie de aplicación:** En alrededor de 80.000 ha de la Provincia de Misiones se está implementando esta práctica. Correspondiendo su aplicación mayoritariamente al cultivo de la yerba mate, además de utilizarse en otros cultivos como el tabaco, citrus, mandioca y plantaciones forestales jóvenes.

**Normas técnicas:** El manejo de las cubiertas y abonos verdes dependerá de la especie o especies a utilizar. Las opciones son variadas en función del objetivo, época del año, tipo de cultivo principal, etapa del cultivo, hábito y duración del ciclo biológico de la cobertura, disponibilidad de semillas, entre otras. Deben utilizarse especies de fácil adaptación a las condiciones ecológicas de la zona, en lo posible de hábito rastrero con el fin de proporcionar la mayor cobertura en el menor tiempo, y tolerar las condiciones propias de la asociación a la que esté sometida con el cultivo principal.

En los cultivos forestales esta práctica se implementa durante el período de establecimiento bajo la modalidad de manejo de



cobertura de regeneración natural, evitando el exceso de competencia de la vegetación acompañante para no comprometer el crecimiento de la especie implantada. En las plantaciones de yerba mate, té y citrus se recomienda utilizar abonos y cubiertas verdes, tanto implantadas o de regeneración natural, de tal manera de mantener permanentemente protegido el suelo en las entrelineas de plantas, lo que demanda el manejo de las coberturas con cortes o control químico.

En los cultivos anuales como mandioca y maíz, una vez que las plantas alcanzan suficiente desarrollo para no ver comprometido su crecimiento por la presencia de vegetación acompañante, se permite el crecimiento de las especies de regeneración natural o se implanta un cultivo de cobertura a los fines de proteger el suelo hasta el momento de la nueva siembra a plantación.

**Insumos y equipos necesarios:** Cuando se trata de coberturas cultivadas, el principal insumo requerido es la disponibilidad de semilla en cantidad y calidad. La siembra, si es al voleo se hace de manera manual, en cambio, si es dirigida, por lo general se realiza con sembradora manual o “taca taca”, o con sembradora mecánica y tractor agrícola.

Cuando se aplica el criterio de uso como abono verde, es necesario contar con un rolo con cuchillas o rastra de discos liviana para cortar y aplastar la cobertura. Otros implementos utilizados para cortar el material vegetal verde son, la macheteadora mecánica y la moto-guadaña. También se recurre al uso de herbicidas para el control del abono verde.

**Mantenimiento:** Las coberturas tanto cultivadas como de regeneración natural requieren del control de determinadas especies acompañantes no deseadas, lo cual se realiza de manera manual, mecánica o química. En el caso de las especies que se manejan con resiembra es importante permitir que alcancen la madurez fisiológica, y en el caso de las especies que requieren de la siembra anual, se recomienda cosechar las semillas para disponer de ellas para la próxima campaña. Cuando se opta por utilizar la cobertura espontánea la altura de corte no debería ser menor a 20

cm de altura para posibilitar el desarrollo de una amplia diversidad de especies.



**Imagen 6.** Plantación de yerba mate con cultivo de cobertura de invierno. Caraguata-í. Misiones

## **6.- Rotación de cultivos**

**Definición:** Consiste en la alternancia del cultivo de diferentes especies vegetales en la misma parcela, de acuerdo a un plan establecido acorde a las condiciones existentes y propósitos buscados. Esta práctica mayormente está relacionada a los cultivos anuales, pero se puede involucrar especies de características y ciclos biológicos diferentes. En la rotación de cultivos las especies que se plantan en un terreno se van alternando en ciclos que suelen estar vinculados a las estaciones del año.

**Objetivo:** Mantener o mejorar la capacidad productiva del suelo a través de un sistema de producción con variada participación de cultivos, que se suceden en el tiempo en la misma parcela, contribuyendo con el control de enfermedades, plagas y hierbas dañinas, con el aprovechamiento y ciclado diferencial de los recursos agua y nutrientes del suelo, con la conservación de la

materia orgánica y reparación de las propiedades físicas, evitando la degradación por acción de la erosión hídrica.

**Condiciones de aplicación:** La rotación de cultivos es una práctica de manejo que busca maximizar la productividad por unidad de superficie, optimizando el uso de los recursos. Se recomienda utilizarla mayormente en la producción de cultivos anuales. Este sector, en la provincia de Misiones, se caracteriza por el cultivo de una gran variedad de especies, como maíz, tabaco, mandioca, poroto, zapallo, soja, entre otras, participando cada una con superficies de cultivo diferente, pero generalmente sin una estrategia que contemple los principios de la rotación de cultivos.

Para establecer esta práctica es conveniente definir las posibilidades de mercado de las cosechas, que los suelos sean los adecuados, que las especies estén adaptadas a las condiciones ambientales del lugar, que se disponga de la tecnología de producción, como semillas, maquinaria para siembra y cosecha, entre otros.

En Misiones, la implementación de esta práctica está más relacionada con el cultivo del tabaco y del maíz, siendo las rotaciones más comunes las de tabaco-maíz-avena o maíz-poroto-avena (Imagen 7), con la posibilidad de reemplazar la avena con otras especies, generalmente de comportamiento forrajero. En el caso del cultivo de la mandioca, debido a lo prolongado de su ciclo productivo, a veces bianual, no ofrece condiciones de tiempo suficiente para incorporar otro cultivo en rotación, por lo que se acostumbra, luego de la cosecha, dejar el terreno cubierto con vegetación de regeneración natural o con un cultivo de cobertura de invierno, más comúnmente con avena negra, rye grass, o ambas.

**Superficie de aplicación:** Por sus características, su implementación se circunscribe a los cultivos anuales, aplicándose en alrededor de 20.000 ha de la Provincia, principalmente en los cultivos de tabaco y maíz, y algo en mandioca.

**Normas técnicas:** Para implementar la práctica de la rotación de cultivos se debe trazar un plan, abordando aspectos relativos a las características de las especies, como el período de cultivo,

variación en cuanto a tipo de raíz, profundidad de exploración, demandas nutricionales y producción de biomasa (aportes de materia orgánica). También respecto al comportamiento frente al ataque de plagas y enfermedades, al sistema de preparación de suelo, método de siembra o plantación, fertilización, cosecha, entre otras, tratando de conseguir que se generen efectos favorables entre las especies, buscando la influencia positiva entre los cultivos y el mejoramiento de las condiciones para su desarrollo.

Es importante conocer las propiedades de las especies para determinar cuál es el mejor ciclo a seguir en la rotación de cultivos. Esto permite potenciar el uso del suelo y reducir su desgaste. Todo esto forma parte del diseño, por lo que la fase de planificación resulta absolutamente necesaria para obtener el mayor número de beneficios. A la hora de implementar la rotación de cultivos se recomienda incorporar varias de las prácticas ya mencionadas, para potenciar y conjugar los efectos de cada una y obtener los mejores resultados.

**Equipos e insumos necesarios:** El principal insumo que requiere esta práctica es la disponibilidad en cantidad y calidad de material de propagación, semillas, esquejes o plantines, de acuerdo a las especies cultivadas.

Los demás equipos e insumos requeridos, son los mencionados en las prácticas anteriores, plantación en contrapendiente, barreras vivas, terrazas, labranza cero y mínima, cubiertas y abonos verdes, debido a que se considera oportuno aplicar dichas estrategias de manejo del suelo para alcanzar los objetivos de la rotación de cultivos.

**Mantenimiento:** En este caso hace referencia al manejo particular que requiere cada especie cultivada. Es importante intervenir, por ejemplo, en el manejo o control de especies acompañantes indeseables ya sea de forma mecánica o con el uso de herbicidas, en la fertilización, adecuándola a las necesidades específicas de cada especie, y también sobre el momento de la siembra o plantación en función del ciclo biológico de cada especie y a las condiciones climáticas de la región. Se recomienda además realizar

periódicamente análisis químico de los suelos para monitorear la evolución de la materia orgánica y de los nutrientes.



**Imagen 7:** Rotación de cultivos en contrapendiente, tabaco-maíz-avena. Cerro Azul. Misiones

## 7.- Fertilización y/o encalado

**Definición:** Cabe mencionar que estas prácticas en un contexto de producción agroecológica u orgánica no son consideradas adecuadas y aplicables, por lo que surge cierta controversia respecto a su abordaje.

La fertilización consiste en la aplicación de productos químicos con el propósito específico de aportar determinados elementos nutritivos para mejorar las condiciones de fertilidad química de los suelos. La formulación de los fertilizantes varía en función de los nutrientes que se quiera aportar. El encalado es una enmienda química consistente en la aplicación de material calcáreo al suelo, calcita, dolomita o similar, con la finalidad de modificar favorablemente las propiedades físicas y químicas de estos, pero sin tener en cuenta su valor como fertilizante (Imagen 8).

**Objetivo:** La fertilización es una práctica orientada a reponer parcialmente o corregir deficiencias o limitaciones de elementos nutritivos, necesarios para el adecuado crecimiento y desarrollo de

los cultivos. El encalado en cambio, se utiliza principalmente para neutralizar la acidez a través de la insolubilización del catión aluminio ( $Al^{3+}$ ) presente en el sistema de intercambio de los suelos ácidos. Permite además intentar elevar el valor de pH de los suelos ácidos al intervalo en el que la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles, como así también incrementar el valor de capacidad de intercambio catiónico (CIC), el porcentaje de saturación de bases y mejorar la estabilidad estructural del suelo.

**Condiciones para su aplicación:** En Misiones la fertilización no es una práctica generalizada y cuando se la aplica en la mayoría de los casos es con fertilizantes formulados a base de N-P-K. Pero, por otro lado, es evidente que su uso va en aumento, en parte debido a las condiciones de desgaste y deterioro de la fertilidad de los suelos como consecuencia del prolongado uso con cultivos agrícolas anuales o perennes, lo que viene despertando el interés y la necesidad de implementarla, pero por el momento con la premisa urgente de corregir, al menos de manera parcial las posibles deficiencias nutricionales, buscando alcanzar mejores rendimientos productivos.

En el caso particular de los cultivos forestales, estudios realizados en la región por Martiarena *et al.* (2002) y Fernández *et al.* (2003), han encontrado resultados que señalan únicamente un mayor incremento en el crecimiento inicial al adicionar fósforo, al fertilizar suelos rojos cultivados con *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis*.

La enmienda con material calcáreo en Misiones se encuentra en un proceso de implementación similar a las condiciones descriptas para los fertilizantes, aunque en menor extensión. Se está empezando a aplicar en suelos con elevada condición de acidez, la cual puede estar generada por procesos evolutivos naturales o inducida por el uso y manejo, lo cual es común que se presente en suelos rojos profundos bien drenados de la provincia, pertenecientes a los órdenes *Alfisoles*, *Ultisoles* y *Oxisoles*.

Además, se sabe que los cultivos presentan diferentes grados de tolerancia y adaptación a la acidez y requieren un rango de pH adecuado para su normal desarrollo, lo que está generando la

necesidad de evaluar la conveniencia real de utilizar esta práctica. La yerba mate, el té y la mandioca tienen un buen comportamiento en un rango de pH entre 5,0 a 5,7, en cambio los demás cultivos anuales de la región requieren en su mayoría un valor de pH entre 5,6 a 6,0. En el caso de las especies forestales, las coníferas como *Pinus sp.* y *Araucaria angustifolia*, son más tolerantes a la condición de suelos ácidos, en cambio las latifoliadas, como el caso del *Eucalyptus grandis*, exigen un rango de pH más elevado.

**Superficie de aplicación:** Son prácticas que se van incrementando en su superficie de aplicación, principalmente la fertilización, estimándose en la actualidad que unas 90.000 ha de la Provincia de Misiones están sujetas al manejo del suelo con estas técnicas, principalmente en los cultivos industriales como la yerba mate, té y tabaco. También se la implementa en mucha menor medida en plantaciones forestales y de citrus.

**Normas técnicas:** La aplicación de estas prácticas requiere del conocimiento de diversas áreas de la agronomía, como ser, características y propiedades de las enmiendas y fertilizantes, características y funcionamiento de los equipos de aplicación, fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas, entre otras.

La aplicación de cualquier tipo de enmienda o fertilizante se define a partir de un muestreo y análisis de suelo y del conocimiento de los requerimientos nutricionales de las especies en sus distintos estadios de crecimiento. Para aumentar la eficiencia de las enmiendas y fertilizantes, se tiene en cuenta las características físico-químicas de los productos - formulación, pureza, velocidad de reacción, fuente de acidez, etc. - para lograr el mejor desempeño de las aplicaciones y obtener los rendimientos esperados de los cultivos.

La implementación de estas prácticas responde a un plan de trabajo basado en la respuesta a las siguientes consignas, que, para que, cuanto, como, donde y cuando aplicar las enmiendas y fertilizantes. Las alternativas de cómo se utilizan los productos son variadas, al suelo o foliar, previo, al momento o posterior a la siembra o plantación, al voleo en cobertura total con o sin incorporación, en forma dirigida en fajas superficiales con o sin incorporación o en

surcos o pozos sub-superficiales abajo o a un lado de las semillas o plantas. La adopción del sistema de aplicación depende del propósito establecido en el plan.

Investigaciones han demostrado que encalar en suelos tropicales de los órdenes *Alfisolos*, *Ultisolos* y *Oxisol*, como los de Misiones, a valores mayores de pH 6, no solo es innecesario sino también riesgoso, debido a que el sobreencalado puede deprimir el rendimiento del cultivo al deteriorar la estructura del suelo e inducir deficiencias de nutrientes como zinc, boro y manganeso.

Para determinar la cantidad de material calcáreo a aplicar en un plan de encalado se recomienda consultar a Espinosa y Molina (1999). Para el trazado de un plan de fertilización recurrir a Echeverría y García (2005).

**Insumos y equipos necesarios:** El encalado requiere de material calcáreo, como calcita, dolomita o similar. La fertilización de productos químicos formulados y presentados de acuerdo a las necesidades y objetivos planteados. La aplicación de los productos, cuando se hace al suelo, ya sea en forma dirigida o al voleo, comúnmente se realiza de manera manual, debido principalmente a las reducidas superficies de los cultivos. Por ejemplo, en el caso del encalado y la fertilización de plantaciones de yerba mate, lo más común es aplicar los productos utilizando baldes o tachos como depósito y un recipiente pequeño, tipo vaso o lata, para la distribución. Para incorporar o aumentar el contacto de los productos con el suelo, se suele cubrir con azada cuando la práctica es dirigida, o uso de rastra de discos con poca o sin traba con un tractor agrícola, cuando es al voleo.

También se dispone de sembradoras y plantadoras mecánicas o manuales, que vienen equipadas con dispositivos para la aplicación de productos químicos al momento de la siembra o plantación. En cambio, para la fertilización foliar, más común en los cultivos de tabaco y citrus, se cuenta con pulverizadoras tipo mochila o mecanizadas.

**Mantenimiento:** El encalado es una práctica que requiere una revisión al 4<sup>to</sup> o 5<sup>to</sup> año, se determina a través de un análisis de suelo



si es necesaria su aplicación, en función de los valores de pH, porcentaje de aluminio intercambiable y porcentaje de saturación de bases. La fertilización se recomienda realizarla al menos una vez por año en función de las limitaciones detectadas y los requerimientos de los cultivos, de acuerdo a su etapa de desarrollo (anuales) o período de crecimiento (perennes).



**Imagen 8.** Fertilización dirigida en una plantación de *Grevillea robusta*. Posadas. Misiones

## 8.- Enmienda orgánica

**Definición:** Como enmienda orgánica se entiende a todo material orgánico muerto, necromasa, mantenido sobre el suelo o aportado al sistema (Imagen 9). Los aportes pueden provenir de restos orgánicos de la producción agropecuaria (guano, estiércol, purín), restos orgánicos de la foresto-industria (aserrín, viruta, corteza, cenizas), desechos orgánicos domiciliarios, o materia orgánica humificada a partir del compostaje en lombricarios; siendo también una enmienda el mantenimiento sobre el terreno de los rastrojos o remanentes de la cosecha de los cultivos.

**Objetivo:** Desde lo productivo, mantener o mejorar el contenido de materia orgánica e incidir positivamente sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Favorecer la estabilidad estructural, la aireación, la infiltración, el almacenamiento del

agua, la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la capacidad de intercambio catiónico y aportar una fuente de energía para los microorganismos del suelo. Desde lo ambiental, reducir la contaminación, utilizando los desechos orgánicos como enmiendas.

**Condiciones de aplicación:** Las condiciones ecológicas de la provincia son adecuadas para la producción de biomasa, de igual forma favorecen el proceso de la mineralización, resultando el balance de carbono, positivo, equilibrado o negativo, según sean los aportes y las transformaciones (humificación-mineralización). En condiciones naturales, en Misiones, el contenido de materia orgánica en el suelo es de 6 a 10 %, lo que suele disminuir a valores de 1,5 a 3 % cuando son habilitados para la agricultura, principalmente por uso del fuego, por la excesiva remoción del suelo con las labranzas, y por la erosión hídrica.

Queda claro que una vez reemplazado el bosque nativo y generado el cambio del uso de la tierra, en forma inmediata y paulatina se desarrolla el proceso de pérdida de materia orgánica del suelo al modificarse de manera superlativa el aporte de la materia orgánica fresca o necromasa. Es por ello que esta práctica está orientada a intentar suplir en parte esa carencia, lo que implica por otro lado descartar el uso del fuego como estrategia de habilitación o de preparación del terreno. En el caso del manejo del rastrojo, esta práctica se constituye en el complemento necesario para implementar las técnicas de labranza cero y mínima.

La práctica de incorporar enmiendas orgánicas en la provincia de Misiones es poco utilizada, en parte por la dificultad de conseguir el material orgánico necesario y por el costo de transporte y distribución. Un caso particular es el desarrollado por establecimientos que cuentan con producción de ganado bovino en sistema de engorde a corral o feed lot, los cuales están transfiriendo el material orgánico a las plantaciones de yerba mate con resultados favorables.

En cuanto al mantenimiento de los remanentes de cosecha es más común, principalmente en la actividad forestal como sistema de preparación de terreno, situación que se está modificando debido

al uso de este material para la generación de dendroenergía por parte de varias empresas del sector, proceso que a su vez plantea el desafío de determinar el uso a dar a las cenizas generadas a partir de la combustión de la biomasa forestal en las calderas.

**Insumos y equipos necesarios:** Se requiere disponer de material orgánico para aportar al suelo, lo que estará en función de las condiciones y recursos con que se cuenta. Cuando se incorpora una enmienda orgánica se necesita un acoplado y un tractor agrícola para el traslado y distribución. En Misiones se han diseñado y fabricado equipos para distribuir el material compostado a partir de purín de feed lot bovino en las plantaciones de yerba mate. Si se trata de rastrojo de cosecha o coberturas, generalmente es necesario aplastar el material con algún implemento, rastra de discos liviana, pasaje de una cubierta tirada con tractor o un rolo con cuchillas. En el caso de remanentes de la cosecha forestal se debe aplastar y quebrar con el uso de rastra de discos pesada o rolo con cuchillas.

**Normas técnicas:** Para implementar esta práctica es importante considerar una serie de factores como el sistema productivo, las características del lugar en donde se acumulan los desechos, su manipuleo, la dosis, el momento, la frecuencia de aplicación y la forma de incorporación. Por otro lado, se debe adecuar la cantidad y tipo de enmienda orgánica a usar en función de los resultados de los análisis de suelo. También es conveniente realizar una evaluación de los costos de aplicación de esta práctica para evitar poner en riesgo la rentabilidad de la actividad productiva.

Es importante tener presente que, como uno de los principales objetivos de la práctica es aportar materia orgánica al suelo – humus -, el material agregado debe contener una proporción adecuada de fibras o leño, porque cuando se trata de compuestos orgánicos de baja relación carbono/nitrógeno, sufren una elevada tasa de mineralización rápida y muy escasa tasa de humificación.

Se recomienda que el material orgánico aplicado como enmienda esté lo más avanzado en su proceso de descomposición-humificación, siendo el proceso de compostaje uno de los más eficaces y utilizados, para evitar la inmovilización de nitratos del suelo por parte de los microorganismos descomponedores o la

liberación de sustancias fitotóxicas como el amoníaco. Por lo tanto, hay que evitar incorporar material fresco y si así fuera, no distribuirlo en las líneas de plantación, solo en las entrelíneas. Situación que no se puede controlar en el caso del mantenimiento del rastrojo de la cosecha del cultivo o plantación anterior. En el caso de la competencia por el nitrógeno, se puede resolver en parte agregando fertilizantes nitrogenados para compensar las demandas temporales.

**Mantenimiento:** Es conveniente realizar un monitoreo del contenido de materia orgánica del suelo cada dos o tres años a los fines de determinar la necesidad de incorporar una enmienda orgánica para alcanzar un valor mínimo de alrededor de 3,5 a 4 % en los primeros 10 cm de espesor. Tener presente que el agregado de dosis elevadas o acumuladas de enmiendas orgánicas, puede incrementar la salinidad, aumentar la concentración de iones tóxicos, introducir gérmenes patógenos al suelo, y contaminar las aguas subterráneas con sustancias nocivas.

**Superficie de aplicación:** Se estima que existen unas 10.000 ha en la Provincia de Misiones en las cuales se aplica esta técnica, mayormente en el cultivo de té, y algo en tabaco y yerba mate.



**Imagen 9.** Compost a partir de purín de feedlot bovino en cultivo de yerba mate. Andresito. Misiones

## 9.- Manejo del escurrimiento en caminos

**Definición:** Consiste en la conducción no erosiva del agua de lluvia a través de construcciones especiales que se realizan en los caminos hasta lugares de recepción adecuadas.

**Objetivo:** Reducir la acumulación y la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia a lo largo del trazado del camino para evitar la erosión y mantener la transitabilidad de los mismos.

**Condiciones para su aplicación:** La provincia de Misiones tiene una densa red de drenaje integrada por una gran diversidad de cursos de agua contenidos en una amplia variedad de tamaños de cuencas y sub-cuencas hídricas. El trazado de los caminos generalmente coincide con los interfluvios o divisorias de agua debido a las menores pendientes y costo de construcción, no obstante, gran parte de la red vial atraviesa relieves inclinados e interceptan cursos de agua alterando los patrones naturales de drenaje. En estos casos es común que se produzca concentración y encauzamiento del agua y se desencadenen procesos erosivos, especialmente en los caminos terrados, generándose una profundización y presencia de barrancas cada vez más elevadas a ambos lados.

También es común observar que el mantenimiento de los caminos, realizada con bastante frecuencia por el rápido deterioro, se enfoca en el desalojo del agua hacia los cauces de arroyos, ignorando la importancia que tiene su captura y aprovechamiento como recurso fundamental para el desarrollo productivo, por lo cual debe ser conducida para su mejor administración y gestión en el territorio.

**Insumos y equipos necesarios:** Para la planificación y dimensionamiento de las obras a ejecutar se requiere de un nivel óptico y accesorios para realizar el relevamiento topográfico previo. Luego, para la construcción de las obras es necesario contar con las máquinas correspondientes. Es indispensable la retroexcavadora para la realización de los terraplenes y pozos de infiltración en caminos terrados ya erosionados que tengan barrancos. La motoniveladora para trabajar en la calzada, cuneta, barranco, o simples canales de desviación. Además de estacas o

bolsas cargadas con tierra para instalar disipadores en las cunetas de los caminos.

**Normas técnicas:** Como la mayor parte de la precipitación que cae sobre los caminos generalmente no se infiltra y comienza a escurrir, para evitar que adquiera caudal y velocidad erosiva, se recomienda construir barreras físicas en forma de terraplén de manera perpendicular al camino para detener el flujo del agua y conducir la escorrentía hacia canales de derivación y pozos de decantación (Imagen 10).

El correcto manejo del escurrimiento del agua de lluvia en los caminos requiere en primer lugar realizar una planificación de la cantidad, tipo, tamaño y ubicación de las obras que son necesarias construir. Para ello es indispensable realizar un relevamiento topográfico y el dimensionamiento de los volúmenes de agua que hay que conducir según los conceptos de hidrología superficial (Cisneros *et al.*, 2012), tomando en consideración los valores de precipitación, interceptación, infiltración, retención, humedad del suelo, escurrimiento superficial, rugosidad del terreno, superficie, pendiente, entre otras.

Los conceptos de diseño de los terraplenes son similares a los de construcción de terrazas de base ancha, se dimensionan y distancian tomando en cuenta eventos de precipitación importantes o extraordinarios, pero no deben ser un obstáculo al tránsito de los vehículos.

En el caso que no exista un barranco entre las áreas adyacentes y el camino, el agua de escorrentía se conduce hacia el interior de las chacras, construyendo canales de derivación sencillos, con la finalidad de reducir el caudal, la velocidad de escurrimiento y lograr la incorporación e infiltración del agua en las zonas de cultivo.

Además de las obras mencionadas, en las cunetas de los caminos se puede instalar disipadores en forma de diques de diseño cóncavo, hechos con estacas o bolsas con tierra, para frenar el flujo del agua a velocidades no erosivas y retener buena parte de los sedimentos. Para el caso particular de los caminos internos de los

establecimientos, se recomienda mantenerlos cubiertos con pasto, para facilitar la infiltración y evitar la erosión hídrica.

**Mantenimiento:** La etapa inicial requiere del mantenimiento constante de los canales de derivación y los pozos de decantación, debido a la acumulación de sedimentos que provienen tanto del camino como de la remoción producida durante la construcción de la obra. Toda la obra en su conjunto, barrancos, canales, calzada y terraplenes se mantendrán con cobertura vegetal controlada con moto-guadaña.

**Superficie de aplicación:** En este caso el nivel de implementación se expresa en kilómetros de caminos manejados. De acuerdo a las estimaciones disponibles, se calcula que existen en la Provincia de Misiones alrededor de 4.000 km en los cuales se aplican prácticas de conducción del agua, tanto en caminos vecinales como internos de los predios.



**Imagen 10.** Canal de derivación y pozo de decantación en camino terrado. Campo Viera. Misiones

## Bibliografía

Bárbaro, S.; Sosa, A. 2014 a. Influencia del manejo de suelo sobre la porosidad en Ultisoles de la Provincia de Misiones y Noreste de Corrientes. XXIV Reunión Científica, Tecnológica y de Extensión. Facultades de Ciencias Agrarias. UNNE. Corrientes.

Bárbaro, S.; Sosa, A.; Iwasita, B. 2014 b. Cambios de uso del suelo: su efecto en la estabilidad estructural en Ultisoles. XXIV Reunión Científica, Tecnológica y de Extensión. Facultades de Ciencias Agrarias. UNNE. Corrientes.

Behr, R. 1936. La erosión en terrenos en pendiente. Anuario del Ministerio de Agricultura de la Nación. Estación Experimental Loreto del MAN. Provincia de Misiones. Pp. 193-208.

Cisneros, J.; Cholaky, C.; Cantero Gutiérrez, A.; González, J.; Reynero, M.; Diez, A.; Bergesio, L. Cantero, J.J.; Nuñez, C.; Amuchástegui, A.; Degioanni, A. 2012. Erosión hídrica. Principios y técnicas de manejo. 1ª ed. UniRío Editora. ISBN 978-987-688-021-3. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. 286 p.

Digesto Jurídico de Misiones. 2010. LEY XVI N° 105. Ley de Bosques. <http://www.ecologia.misiones.gov.ar/ecoweb/index.php/normativa-vigente>

Echeverría, H. E.; García, F. O. 2005. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ISBN N° 987-521-192-3. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 525 p.

Espinosa, J.; Molina, E. 1999. Acidez y enclado de suelos. Primera edición. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Georgia, USA. 42 p.

Fernández R.; Mac Donagh, P.; Lupi, A.; Martiarena, R.; Cortez, P. 2002. Relations between soil compaction and plantation growth of a 8 years-old Lobolly Pine second rotation, in Misiones, Argentine. In: ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress, CD, Paper Number: 025012. Chicago, Il. Pp.28:31.

Fernández, R.; Rodríguez Aspillaga, F.; Pezutti, R.; Martiarena, R.; Colcombet, L.; Crechi, E. 2003. Establecimiento de *Pinus taeda*. Crecimiento a los 34 meses como respuesta a la adición de N, P y K. Congreso Argentino de Ingeniería Rural 2003. Balcarce, Buenos Aires.



Fernández, R.; Sosa, D.; Pahr, N.; Von Wallis, A.; Bárbaro, S.; Albarracín, S. 2015. El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. Capítulo Provincia de Misiones. En: Roberto Raúl Casas; Gabriela Fabiana Albarracín. 1° Edición. Tomo II. Pp: 187-200. FECIC. ISBN 978-950-9149-39-7. 452 p.

Gruner, G. 1955. La erosión en Misiones. Ministerio de Agricultura de la Nación. Año 4. Bs As. 70 p.

Günther, D.; Correa de Temchuk, M.; Lysiak, E. 2008. Zonas Agroecológicas Homogéneas. Misiones. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N° 5. Ediciones INTA. ISSN 1851-6955. EEA Cerro Azul-INTA. 117 p.

Instituto Provincial de Estadística y Censos (IPEC). 2015. Gran Atlas de Misiones. Gobierno de la Provincia de Misiones. Posadas. Misiones. 413 p.

Klingebiel, A.; Montgomery, P. 1966. Land Capability Classification, USDA Handbook, US Government Pr. Office, Washington DC, 21 p.

Ligier, D.; Matteio, H.; Polo, H.; Rosso, J. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. Provincia de Misiones. Tomo II. SAGyP. Proyecto PNUD Arg. 85/019. INTA. Pp. 111:152.

Ligier, H.; Polo, H.; Matteio, H. 1993. Erosión hídrica potencial en la provincia de Misiones. INTA-EEA Corrientes. 34 p.

Martiarena, R.; Fernández, R.; Pahr, N.; Lupi, A.; Alegranza, D.; Von Wallis, A. 2002. Fertilización y crecimiento de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. En actas en CD. IX Jornadas Técnicas Forestales. FCF-UNaM, EEA Montecarlo-INTA y MEyRNRyT. Eldorado. Misiones. Argentina.

Sosa, D.; Llamas, E.; Moya, S.; Jara, M.; Fedre, D. 1996. Sistemas de cultivo con tabaco en la Provincia de Misiones, Argentina. En Actas (CD) XIII Congreso Latino Americano de Ciencia del Suelo, Sao Paulo, Brasil.

Sosa, D.; Ingaramo, O.; Pereyra Das Neves, H. 2013. Influencia del manejo conservacionista de suelo en la eficiencia de la fertilización del cultivo de tabaco, Provincia de Misiones, Argentina. Conferencia Internacional de la Conservación del Suelo, ISCO, Medellín, Colombia.