



# YERBA MATE

Reseña Histórica y Estadística.  
Producción e Industrialización  
en el siglo XXI.

**TÍTULO**

**YERBA MATE. Reseña Histórica y Estadística. Producción e Industrialización en el siglo XXI.**

**COORDINADOR Y EDITOR GENERAL**

Capellari, Pablo Leandro

e-mail: pablocapellari@hotmail.com

**CO-EDITOR GENERAL**

Medina, Ricardo Daniel

**COMITE EDITORIAL**

Avico, Edgardo - Balbi, Celsa Noemí - Burgos, Ángela María - Galliano, María Cecilia - Ibarrola, Susana - Peichotto, Myriam Carolina - Vidoz, María Laura.

**AUTORES**

Burgos, Angela María - Cabrera, María Graciela - Capellari, Pablo Leandro - Dalurzo, Humberto Carlos - Dávalos, Marcos - Dirchwolf, Pamela - Dolce, Natalia Raquel - Fediuk, Ángel - Holowaty, Santiago Alexi - Llera, Valentín - Maiocchi, Marcos - Medina, Ricardo Daniel - Molina, Sandra Patricia - Pinto Ruiz, Gabriel - Mayol, Marcelo - Tarragó, José - Yacovich, Maricel.

**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Lic. Mariana Cecilia Rodriguez

**FOTO DE TAPA Y PAG. 6**

Luis Gurdiel

**1<sup>a</sup> EDICIÓN - 500 EJEMPLARES**

Consejo Federal de Inversiones

San Martín 871 – (c1004aaq) - Buenos Aires – Argentina

Ministerio de Producción

San Martín 2224 – (3400) - Corrientes - Argentina

Yerba mate, reseña histórica y estadística, producción e industrialización en el siglo XXI / Pablo Leandro Capellari ... [et al.]. - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Consejo Federal de Inversiones, 2017.

310 p.; 24 x 18 cm.

ISBN 978-987-510-260-6

1. Cultivo. 2. Yerba Mate. 3. Corrientes. I. Capellari, Pablo Leandro

CDD 633.77

FECHA DE CATALOGACIÓN: 12/2017

QUEDA HECHO EL DEPÓSITO QUE MARCA LA LEY 11.723

IMPRESO EN ARGENTINA - DERECHOS RESERVADOS.

No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito de los editores. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.



## ECOFISIOLOGÍA

### Acerca de los factores determinantes de los componentes del rendimiento

Burgos, Angela María<sup>1</sup> y Medina, Ricardo Daniel<sup>2</sup> (*ex aequo*).

Cátedra de Cultivos III, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste (FCA-UNNE).

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma, Magister en Producción Vegetal, FCA-UNNE.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Doctor de la UNNE en el Área de Recursos Naturales, FCA-UNNE. Investigador Asistente, Instituto de Botánica del Nordeste (Universidad Nacional del Nordeste – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

## **La Yerba Mate, su fenología y su complejidad reproductiva**

La yerba mate, se caracteriza por presentar un crecimiento rítmico en el cual se alternan períodos de crecimiento activo y cese del mismo (latencia), al tiempo que se superpone el crecimiento vegetativo y el reproductivo. Según Sosa *et al.* (2011) se pueden establecer cuatro estados fenológicos, dos de ellos corresponden al estado vegetativo (latencia y brotación) y los restantes al estado reproductivo (floración y fructificación).

En las condiciones agroclimáticas del NE Argentino, la yerba mate presenta tres períodos de brotación perfectamente definidos; en primavera, verano y otoño, si bien no todas las plantas brotan al mismo ritmo (Sansberro *et al.*, 2000). La superposición del crecimiento vegetativo con el reproductivo se estimula una vez al año, en primavera. Las plantas diclino dioicas, florecen en primavera y los pies femeninos dan frutos cuya maduración se extiende entre los meses de enero y junio. De cualquier manera, el destino reproductivo aparentemente no resultaría dominante sobre el vegetativo ya que la producción de las plantas femeninas no es menor que la de las masculinas, si bien las primeras emiten menos ramas principales que las segundas (Rakocevic *et al.*, 2006).

El estado reproductivo de las plantas de yerba mate comienza alrededor de los 2 años después de la plantación cuando provienen de propagación vegetativa, y dentro de los 5 años en plantas obtenidas de semillas (Carvalho, 2003). Cuando se cosecha la yerba se recomienda evitar, en lo posible, la presencia de frutos, dado que los pirenos que contienen pueden perdurar luego de la industrialización y el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) solo permite un máximo de 1% de semillas presentes en la yerba mate elaborada.

Los pirenos, técnicamente denominados semillas, que tienen un promedio de 3,72 mm de longitud y 2,41 mm de ancho (Mutinelli, 1981), se obtienen de la maceración de los frutos maduros recolectados entre los meses de enero y marzo aproximadamente, a los fines de ser utilizadas para la multiplicación sexual de la especie.

La yerba mate presenta embriogénesis tardía; por lo tanto, cuando los frutos alcanzan su madurez y se tornan de color rojo vinoso, menos del 1% de los embriones se encuentra en estado cotiledonar o maduro (0,96%), mientras más del 90% restante se encuentra en estados de corazón y pos-corazón (70,25 y 23,61%, respectivamente), y una menor proporción permanece en estado torpedo (2,69%) y globular (2,5%), según Niklas (1987). Este inconveniente se suma a que las semillas de yerba mate presentan un muy bajo poder germinativo, que si bien pareciera responder a las condiciones del ambiente durante cada campaña agrícola, no sobrepasa el 23% en promedio (Fontana *et al.*, 1990).

En términos prácticos para el manejo de los almácigos, estas diferencias en la madurez embrionaria generan procesos germinativos altamente desuniformes en el tiempo. Las semillas con sus embriones en diversos estados de maduración continuarán



germinando al cabo y hasta 360 días después de la siembra. A esto se suma el hecho de que aún proporcionando condiciones ambientales propicias en el almácigo y estando maduros los embriones, la germinación dará inicio recién 60 a 120 días después de la siembra, alcanzando su plenitud entre los 210 a 270 días (Muello, 1946; Prat Kricum, 1993).

Asimismo, los plantines deberán ser rustificados antes de poder ser implantados en el lugar definitivo para garantizar su posterior sobrevivencia en el campo. El proceso de rustificación de los mismos justamente responde a la domesticación que ha sufrido la especie para poder ser cultivada bajo condiciones de campo; muy diferentes a las de su área de evolución y distribución natural que se asociaba a la protección en términos de sombra y humedad bajo el sotobosque.

La susceptibilidad al estrés hídrico que manifiesta la yerba mate bajo condiciones de cultivo (Sansberro *et al.*, 2004), probablemente se expresa frente a la alteración de su ambiente original; consecuentemente la tolerancia a este estrés es hoy un carácter a ser considerado para la selección de plantas madres.

### ***La yerba mate, características ecofisiológicas y su asociación con los componentes del rendimiento***

Para un análisis de rendimientos en yerbales, debería partirse de al menos cinco puntos clave que incidirán sobre el mismo:

- 1- el origen de las plantaciones
- 2- la edad de las plantaciones.
- 3- las acciones hormonales.
- 4- el ambiente.
- 5- las densidades de plantación y perfiles tecnológicos para el manejo de los yerbales.

De estos cinco temas, los tres primeros se asocian a caracteres intrínsecos del material vegetal o modificación de su balance hormonal y los dos últimos se relacionan a condiciones extrínsecas, ya sean ambientales o de manejo agronómico.

A partir de estos puntos mencionados, se aportarán datos comunicados por investigadores de referencia y se discutirá la incidencia de los mismos en el comportamiento del cultivo.

## 1- El origen de las plantaciones.

Las grandes extensiones de plantaciones de yerba mate de origen sexual (obtenidas por métodos tradicionales de germinación de semillas) presentan una marcada heterogeneidad genotípica. La mayor parte de los individuos contribuyen con un bajo porcentaje al rendimiento total, así es que menos del 35 % de las plantas aportan más del 50 % del rendimiento del yerbal (Belingheri, 2003).

En este sentido, según datos presentados por Montechiesi (2008), se presentaron grandes diferencias entre los rendimientos por planta, correspondientes a tres yerbales distintos pero ubicados en el mismo lugar y suelo típico de la región de campo. Durante los primeros 11 años de cosechados se registraron 9,8; 5,9 y 4,5 kilogramos de hoja verde por planta, respectivamente. Asimismo, se cita que se encontraron como excepcionales los rendimientos de algunos yerbales pequeños que llegaron a 25 kilogramos de hoja verde por planta; y en los que se encontraron ejemplares adultos que rendían 50 a 85 kilogramos. Estos resultados dan cuenta de la gran variabilidad existente y la inexactitud del valor de los rendimientos expresados por unidad de superficie provenientes de censos muchas veces incompletos.

Según Sansberro *et al.* (2004), la causa del bajo rendimiento de una proporción significativa de los individuos es la susceptibilidad al estrés hídrico. El potencial de rendimiento de las plantas de yerba mate se ve afectado por el estrés hídrico ya que se reduce el área foliar, el peso seco de hojas y tallos, y la longitud de estos últimos.

Esta respuesta se asocia a que la yerba mate crece naturalmente en la selva protegida bajo la sombra del pino Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), y de diversas especies de las familias de las mirtáceas, lauráceas y leguminosas leñosas (Zbigniew Mazuchowski *et al.*, 2007). En este hábitat predominan las condiciones de baja densidad de flujo de fotones y alta humedad relativa ambiente generando neblinas matinales profusas, libre de episodios de déficit hídricos.

Asimismo, cabe mencionar que se han logrado detectar genotipos de yerba mate tolerantes a déficit hídrico (Acevedo *et al.*, 2013) que contribuyen a los trabajos de selección y obtención de plantas superiores, promisorias para su clonación. De hecho algunos clones selectos son capaces de producir hasta 5 veces más (15000-17000 kilogramos de hoja verde por hectárea) que las plantaciones convencionales (3000-4700 kilogramos de hoja verde por hectárea) según Montechiesi (2008).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con sede en Misiones, después de más de una década de investigaciones, cuenta con germoplasma de yerba mate seleccionado e inscripto en el Instituto Nacional de Semillas (I.Na.Se). Dichos materiales presentan atributos de excelencia, vinculados al rendimiento (brotación temprana y uniforme, reacción vigorosa con posterioridad a cosecha o podas), a la resistencia a factores adversos (períodos prolongados de sequía, altas temperaturas, heladas, plagas y enfermedades). Además, presentan una amplia adaptabilidad a todas las

áreas productivas de la región yerbatera, que producen una yerba mate seca (canchada) con buena adaptación al estacionamiento natural y al acelerado en cámaras, que dan origen a un producto de buen color y aroma.

El primer material genético producido por el INTA EEA Cerro Azul (CA) fue CA 8/74, cuyos rendimientos han sido ampliamente superados por nuevos materiales selectos, tales como CA 1/74 INTA, CA 433/90 INTA, CA 465/90 INTA, CA 524/90 INTA, CA 532/90 INTA y CA 534/90 INTA (Montechiesi, 2008).

## 2- La edad de las plantas.

A partir de un gráfico histórico elaborado por Mutinelli (1981) y retomado por Montechiesi (2008), que da cuenta de la curva normal del rendimiento producido por yerbales implantados en 1913 y cosechados racionalmente desde 1917 hasta 1936 en forma completa y no interrumpida bajo la forma semi-intensiva, se hace posible deducir que el rendimiento aumenta rápidamente durante los ocho a diez primeros años de implantación y que alcanza su máximo a los 14-15 años después de la plantación en el lugar definitivo (Figura 1).



Figura 1: Curva de rendimiento (kilogramos de hoja verde por planta) de yerba mate cultivada en la región de campo de la Pcia. de Misiones, cosechadas entre 1917 y 1936. Extraido de Montechiesi (2008).

Según Montechiesi (2008) la vida útil o “económicamente productiva” de un yerbáceo es de 25 años aproximadamente, a partir del cual se produce una caída de los rendimientos en respuesta al envejecimiento de las plantaciones. En este sentido y para revertir las condiciones de improductividad asociadas al factor envejecimiento, resultaría recomendable prever reposiciones anuales con plantas jóvenes de origen



clonal y de “alta calidad genética”, a razón de 2% de la superficie total del yerbal, considerando una vida útil de 25 años.

De esta manera, de las aproximadamente 165.000 ha implantadas actualmente en Argentina, unas 4.000 ha anuales deberían ser reemplazadas con clones selectos. Las 20.000 ha logradas por lustro reemplazarían a las casi 80.000 ha actualmente degradadas.

Como se puede concluir, estas curvas normales de producción de yerbales resultan indispensables para poder establecer las causas que influyen sobre los rendimientos campaña por campaña y, consecuentemente, poder realizar una proyección de la productividad de los mismos (Montechiesi, 2008).

### **3- Las acciones hormonales.**

Las hormonas se han definido como compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por debajo de las de otros compuestos (nutrientes, vitaminas) y que en dosis más altas los afectarían. Las fitohormonas se sintetizan en forma natural y pueden promover o inhibir determinados procesos. Los diferentes grupos de compuestos exhiben fuertes propiedades de regulación del crecimiento en plantas: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno y ácido abscísico.

Las giberelinas afectan numerosos procesos fisiológicos, los cuales incluyen la ruptura de la latencia de yemas vegetativas y la promoción del alargamiento de los entrenudos en especies leñosas. Los estudios de respuesta *in vitro* realizados por Sansberro *et al.* (2000) sugieren que las giberelinas están involucradas en el control de la brotación y del crecimiento de tallos en la yerba mate, observándose una estrecha relación entre la estructura química de la hormona y la respuesta morfogénica. Las giberelinas que contienen un doble enlace en el anillo A ( $AG_3$  y  $AG_7$ ) inhiben el crecimiento de tallos, mientras que aquellas giberelinas, que no presentan dicho enlace ( $AG_1$  y  $AG_4$ ), estimulan el crecimiento de los mismos en longitud, sin afectar el porcentaje de brotación.

Otros estudios llevados adelante por Sansberro *et al.* (2004) demostraron que la aplicación exógena de ácido abscísico (ABA) sobre las hojas de plantas de yerba mate crecidas a la intemperie favoreció el crecimiento, por mitigación del estrés hídrico diurno, quedando enmascarado su reconocido efecto inhibitorio del crecimiento.

Los estudios acerca de los efectos hormonales fueron sucintamente mencionados en este apartado, dado que no es objetivo de análisis en este capítulo. De cualquier modo, hasta el momento estas prácticas han sido aplicadas y evaluadas a escala experimental, sentando las bases para validar la factibilidad y el éxito de su aplicación en yerbales en producción, en búsqueda del aumento de la producción de masa verde por planta y de la tolerancia a factores estresantes.

#### 4- El ambiente.

En relación a la incidencia e íntima conexión entre los factores del clima y el crecimiento y desarrollo de la planta de yerba mate, Giberti (2011) expresa claramente que “con relación a los requerimientos ambientales que posibilitan la existencia y distribución de esta especie en Sudamérica austral en condiciones naturales del subtropical, los de índole climática parecen ser los determinantes”.

La yerba mate es una especie subtropical, endémica de América del Sur, su área de distribución es tan circunscripta que los requerimientos ecológicos pueden ser estudiados sin duda a partir de su centro de origen.

La estructura de la planta de yerba mate responde directamente a las condiciones ambientales, como la intensidad lumínica y tenor de nutrientes; pudiendo alterar su morfología y sus procesos fisiológicos (Zbigniew Mazuchowski *et al.*, 2007).

Asimismo, las restricciones térmicas parecen cobrar menor importancia para algunos autores (Giberti, 2011), pero para otros son consideradas de altísima incidencia en la determinación del crecimiento rítmico de la especie (Rakocevic *et al.*, 2006).

Es bien conocido que las fluctuaciones en la temperatura ambiente afectan las tasas de fotosíntesis y la producción de materia seca por planta. En la yerba mate, como planta C<sub>3</sub>, las temperaturas más altas ejercen un efecto adverso en la fotosíntesis, que constituye quizás el componente fisiológico más determinante de la productividad de esta especie (Zbigniew Mazuchowski, 2004). Al mismo tiempo, la yerba mate presenta actividad metabólica en condiciones de temperatura del aire cercana a 0°C, una situación muy común en los días fríos de invierno en las regiones de cultivo, donde las estaciones son bien definidas (Carvalho, 1994).

En términos de luminosidad, debe mencionarse que la yerba mate en su ambiente natural habita el estrato medio de la selva (Malheiros de Oliveira & Rotta, 1985) y que, por otro lado, la distribución anual del recurso de la radiación dentro de los cultivos subtropicales está aún muy pobemente estudiada (Rakocevic *et al.*, 2006).

La yerba mate era hasta ahora caracterizada como una planta umbrófila (Zbigniew Mazuchowski, 2004). Sin embargo, últimamente otros autores cuestionan el paradigma de la yerba mate como especie umbrófila (Rakocevic *et al.*, 2006). Esta posición surgió a partir de estudios realizados en yerbales de Brasil conducidos de manera contrastante, bajo condiciones de plena luz (cultivo) y bajo sombra, donde se encontró que la yerba mate responde a la sombra principalmente alargando el tallo y aumentando el área foliar por planta (Fig. 2).

De hecho, una estrategia para evitar la sombra en la mayoría de las especies es el alargamiento del vástago (Seavers & Smith, 1998; Aphalo *et al.*, 1999), si bien pueden aparecer otras respuestas fotomorfogénicas como el alargamiento del pecíolo, la reducción del número de hojas y/o el aumento del área foliar individual, entre otras.

En cambio, las especies tolerantes a la sombra o umbrófilas presentan menor plasticidad de respuestas (Sack & Grubb, 2002) pudiendo mantener la estructura de la planta con funciones reducidas (*i.e.* fotosíntesis, respiración) y a un ritmo de crecimiento lento. Sin embargo, la reducción de luminosidad ambiental lleva a las plantas de yerba mate a buscar mecanismos de compensación aumentando su área foliar individual y reduciendo la emisión de nuevas hojas, en espera de situaciones de radiación más favorables, lo que en las “condiciones silvestres prístinas del hábitat de esta especie” se produce con la apertura de claros en la selva (Zbigniew Mazuchowski, 2004). El incremento del tamaño de las hojas en las condiciones de sombra es la reacción fotomorfogénica más representativa para indicar que el concepto de la yerba mate como especie tolerante a la sombra debe ser esclarecido.

En las condiciones de luz más intensa, se establece una reducción del área foliar que pareciera estar relacionada con una estrategia para disminuir las pérdidas de agua por transpiración (Zbigniew Mazuchowski, 2004).

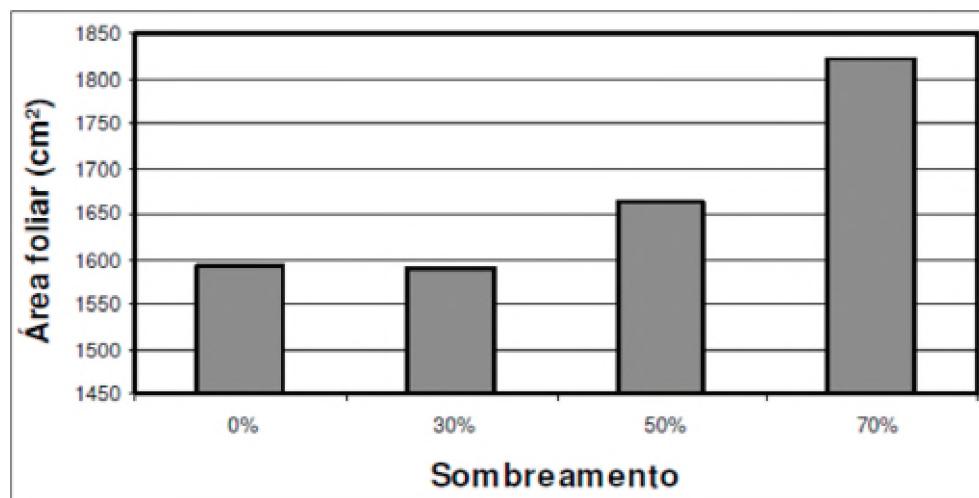


Figura 2: Área foliar media por planta de yerba mate sometidas a diferentes condiciones de luminosidad. Extraido de Zbigniew Mazuchowski (2004).

El área y el espesor de las hojas, su número y, finalmente, su peso seco serán componentes numéricos del rendimiento. El número y peso de tallos será otro de los componentes del mismo. En este sentido, varios estudios han considerado que dentro de los factores del microclima, la radiación resulta especialmente determinante de dos variables que componen al rendimiento: el área foliar y el peso seco de las hojas de yerba mate (Zbigniew Mazuchowski, 2004). Por otra parte, Kaspary (1985) menciona que hay una tendencia a que se produzca mayor ramificación de las plantas en proporción al aumento del grado de luz ambiental al final de la cosecha e iniciando la primavera. De

esta manera se comienza a conformar, mediante la brotación y la formación de vástagos, el material a ser cosechado en el próximo ciclo productivo.

La producción de biomasa foliar de plantas de yerba mate constituye uno de los principales indicadores de la productividad con interés comercial directo.

Los efectos de los niveles de radiación fotosintéticamente activa sobre el área foliar y la producción de biomasa de yerba mate fueron estudiados por Zbigniew Mazuchowski (2004), quien concluyó que la condición ambiental más adecuada para la especie se verifica con niveles de sombreado comprendidos entre 50-70% y que la tendencia muestra que al aumentar los niveles de sombramiento hasta 78% aumenta el área foliar, el espesor y el peso fresco y seco de las hojas.

Otros datos apoyan la teoría de que las especies umbrófilas, aunque sean capaces de soportar un alto grado de sombra, por lo general llegan a valores de biomasa más altos cuando se exponen a plena luz, mediada por una adaptación relativa. Esta adaptación relativa en yerba mate, se maneja desde el vivero mismo con la construcción de umbráculos y posterior proceso de rustificación con exposición paulatina a condiciones de luz; y en el campo, con la práctica del emponchado al momento del trasplante. Demostrar la mayor producción de biomasa bruta y de biomasa útil (kilogramos por planta) en condiciones de alta irradiación fue llevada a cabo por Rakocevic *et al.* (2006), quienes propusieron cuestionar el paradigma imperante de considerar a la yerba mate como especie umbrófila y revertir el concepto en términos productivos.

En publicaciones de Rodrigues Viera *et al.* (2003) y de Zbigniew Mazuchowski (2004) se hacía referencia a que la yerba se adapta a la sombra en cualquier edad, pero tolera la plena exposición a la radiación solar solo en la edad adulta. Este comportamiento la definiría entonces como una planta esciófila.

A través de análisis del peso medio de biomasa fresca y seca de las hojas de plantas de yerba mate, sometidas a diferentes porcentajes de sombreado en dos estaciones del año se pudo establecer la conveniencia de realizar las cosechas durante el invierno para obtener máximos rendimientos (Zbigniew Mazuchowski, 2004), tolerando mejor la exposición a plena a luz (0% de sombreado) en invierno. Sin embargo, aquí debería tenerse en consideración que la intensidad de la condición de plena luz del invierno dista notablemente con la intensidad de la plena luz del verano en las altas latitudes del subtrópico.

Según los estudios de Zbigniew Mazuchowski (2004), la relación entre el peso promedio húmedo y seco de la biomasa foliar de cada planta fue de 3:1 en verano y de 2,5: 1 en invierno; lo que demuestra que el peso seco de hojas, altamente valorado en la industria, es mayor al cosechar en invierno.

En términos de composición química foliar que se traducen en cualidades organolépticas del producto elaborado, Rachwal *et al.* (1998; 2000) concluyeron que



el factor de luminosidad o la radiación fotosintéticamente activa, en combinación con el tiempo de poda, inducen variaciones en los niveles de taninos (polifenoles). Estos compuestos químicos, que están ligados al sabor, aumentan en los lugares con mayor radiación relativa (Rachwal *et al.*, 2000).

Para el análisis del factor disponibilidad hídrica, se debe partir de que su área de distribución silvestre está siempre libre de déficit hídrico (Hernández Bermejo & León, 1992); con precipitaciones anuales no inferiores a 1200 mm distribuidas uniformemente a lo largo del año, y de más de 250 mm durante el trimestre más seco (que en la región se corresponde con el invierno). Por lo tanto, según lo expresado por Giberti (2011), la existencia de esta planta en regiones de menor precipitación pluvial anual solamente se podría verificar si el suministro de agua proviene de otras fuentes.

En términos de cultivo, las oscilaciones anuales de la producción, a veces bastante pronunciadas, responden a la cantidad de lluvia caída. Durante los años suficientemente húmedos, en el período de crecimiento se producen tres brotaciones, resultando una producción mucho mayor que la de los años con menor provisión hídrica, en los cuales se producen solo dos brotaciones (Montechiesi, 2008). En este sentido, Pintro (1986) correlacionó positivamente el aumento del número de hojas de la yerba mate con la disponibilidad de agua en el suelo.

En relación a las características generales de los suelos, las propiedades físicas de los suelos de la zona yerbatera presentan una cierta variabilidad espacial, tanto en sentido horizontal como vertical. Según Malheiros de Oliveira & Rotta (1985), la yerba mate es más frecuente en suelos con textura media (15- 35% de arcilla) y arcillosa (más de 35% de arcilla), particularmente arcillas caoliníticas que se comportan como pseudoarenas. En suelos constituidos por arenas cuarzosas (menos de 15% de arcilla), la especie es raramente encontrada. Prefiere suelos rojos lateríticos, moderadamente profundos a profundos, húmedos pero permeables.

Por otra parte, ya en términos de composición química del suelo, Ferreira Filho (1957) se refiere a la presencia de yerba mate con más frecuencia en suelos con baja capacidad de intercambio catiónico y contenido de aluminio. Actualmente, la especie es considerada como tolerante a suelos de baja fertilidad natural, calcícola (Reissmann *et al.*, 1997) y resistente a suelos degradados (Malheiros de Oliveira & Rotta ,1985; Pintro *et al.*, 1998). Entre los órdenes de suelos rojos predominantes en la provincia de Misiones, los Oxisoles ocupan un 31% de la superficie (Peña Zubiate *et al.*, 1990).

Como corolario, los productores describen a la yerba como una planta “ruda” y “noble”, ideal para su cultivo en las condiciones climáticas de la provincia de Misiones y noreste de Corrientes, de “menor riesgo” y “mayor resistencia” frente a otras especies cultivadas alternativas dado que es “una especie nativa”.

## 5- Densidades de plantación y perfiles tecnológicos para el manejo de los yerbales.

El planteo de este punto será vincular los datos relevados por Montechiesi (2008) con los componentes ecofisiológicos determinantes del rendimiento y la productividad de las plantas de yerba mate contemplando la sostenibilidad del sistema (CONINAGRO, 2014).

Las plantaciones de yerba mate se pueden agrupar en cuatro tipos de perfiles tecnológicos que vinculan las densidades de plantación con las prácticas de manejo asociadas y evidencian las brechas en los rendimientos del cultivo: i) perfil bajo, el cual se caracteriza por tener una densidad menor a 1.200 plantas por hectáreas y un rendimiento menor a 3.000 kilogramos de hoja verde por hectárea; ii) perfil medio, cuya densidad se encuentra entre 1.200 a 1.500 plantas por hectárea y su rendimiento, entre 4.000 y 7.000 kilogramos de hoja verde por hectárea; iii) perfil intensivo, el cual posee una densidad de 1.500 a 2500 plantas por hectárea y un rendimiento mayor a 7.000 kilogramos por hectárea; y por último, iv) perfil industrial caracterizado por una densidad de más de 2500 plantas por hectárea y rendimientos de más de 12.000 kilogramos de hoja verde por hectárea. En la práctica, algunos productores manejan densidades cercanas e inclusive superiores a 4000 plantas por hectárea.

Queda claramente en evidencia entonces, que la determinación generalista del rendimiento por unidad de superficie es una forma imperfecta para establecer la verdadera capacidad de producción de los yerbales tradicionales de origen sexual; pues las plantaciones tienen muy distinto número de plantas, edades, morfotipos, porcentajes de fallas, etc. Solo estudios del rendimiento deducido por planta dará valores más absolutos y comparables, según lo expone Montechiesi (2008).

Dada la marcada relación entre la escala y los rendimientos obtenidos, los datos publicados por el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) son contundentes, siendo el rendimiento promedio ponderado para todos los productores de 5.411 kilogramos de hoja verde por hectárea. Los estratos más chicos de 0-5 y 5-10 hectáreas obtienen rindes de aproximadamente el 25% y 15% respecto del promedio, mientras que en el otro extremo, los productores con una superficie cultivada de entre 150-200 o más hectáreas, obtienen rendimientos que superan al promedio en 13 % y 45%, respectivamente (CONINAGRO, 2014).

Con el paso de los años ha quedado demostrado que en los lotes donde se realiza recuperación de suelos degradados, manejo racional de la planta, cubiertas verdes e incorporación de abono, los rendimientos han aumentado notablemente (CONINAGRO, 2014).

De todos modos, se señala con preocupación que el desgaste de los suelos y la antigüedad de la mayoría de los yerbales de la región, sumado a la poca atención durante



los períodos de crisis (precios bajos del producto), constituyen factores que atentan contra los niveles de productividad y potencial de rendimiento del cultivo.

En relación con las actuales brechas tecnológicas y las diferencias dadas en productividad, se espera que la generación y aplicación de nuevas y mejores tecnologías asociadas a factores extrínsecos o de manejo como ser: a) mayores densidades de plantación, b) uso de cubiertas y abonos verdes, c) control de malezas con herbicidas, d) manejo integrado de plagas, e) planes de fertilización y f) mejoras en prácticas de podas y equipamientos para la cosecha, generen en los próximos años un aumento adicional en los niveles de producción.

En plantaciones nuevas se recomiendan densidades mayores a las 2.000 plantas por hectárea asociadas a labores de conservación de suelo que deben evitar la erosión hídrica. En las calles o entrelíos se recomienda el uso de cubiertas verdes naturales o implantadas, de invierno y verano, para evitar la erosión y la compactación del suelo (Burtnik, 2003). El cultivo de abonos verdes, junto a sistemas de labranza cero, resultan también prácticas adecuadas para incrementar o restituir los niveles de materia orgánica del suelo (Stewar & Power, 1993).

Durante los tres años posteriores a la plantación, uno de los principales problemas es la competencia de las malezas. En este sentido, al cabo de unos cuantos años de observaciones e investigaciones, se hace foco la idea de cambiar el concepto de control por el de manejo de malezas. Este manejo de malezas está asimismo ligado íntimamente al manejo conservacionista del suelo, ya que una de las principales causas de la degradación de yerbales es el deterioro provocado por labores excesivas tratando de combatirlas.

Otro punto fundamental es la nutrición del cultivo. En este sentido, el objetivo principal de la fertilización es lograr un aumento en la producción de la yerba mate, optimizando la eficacia y la rentabilidad. Es difícil atribuirle cuantitativamente la incidencia que tiene satisfacer las necesidades nutricionales sobre la producción de hojas de yerba mate. De acuerdo a un balance agronómico y económico se determina qué fertilización corresponde realizar: de restauración, de mantenimiento o de corrección (FERTILCORP, 2015). Los elementos químicos que necesita una plantación de yerba mate son los macroelementos como N, K, Mg, Ca, P; y los microelementos como Mn, Zn, Fe, B. La valiosa materia orgánica debe ser preservada al máximo ya que provee al suelo de sustancias agregantes que ayudan a mejorar la bioestructura, es fuente de carbono para los microorganismos, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y el poder buffer del suelo.

Prat Kricun (1993) comenta que el rendimiento obtenido por la planta de yerba mate se vincula más a la disponibilidad de N en el suelo que a la de P y K. La exportación media de NPK en gramos por cada kilogramo de hoja verde producido es: Urea (al 46% de N): 20 g kg<sup>-1</sup> de hoja verde; Superfosfato triple (al 42% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 2,5g kg<sup>-1</sup> de hoja verde; Cloruro de Potasio (al 60% de K<sub>2</sub>O) : 7,5 gr kg<sup>-1</sup> de hoja verde. De estos valores

se desprende claramente, que el cultivo extrae N y K en cantidades significativas en relación al P, para alcanzar rendimientos elevados.

Por otro lado es importante reconocer las etapas fenológicas del cultivo, porque de acuerdo a estas varían las exigencias nutricionales en cantidad y calidad de nutrientes. En la curva de absorción de nutrientes de yerba mate, se observan que existen dos momentos de mayor concentración foliar de estos, en coincidencia con los momentos de crecimiento vegetativo en octubre-noviembre y en febrero-marzo.

Normalmente, los suelos rojos sobre los que se asientan los yerbales no proveen estos elementos en las cantidades adecuadas o en los momentos de máximo requerimiento, por lo que un correcto abonado provee aumentos significativos en la producción (FERTILCORP, 2015).

En este sentido, como las épocas de mayores requerimientos del cultivo coinciden con las de mayores precipitaciones, las fuentes de nutrientes a utilizar debieran ser de liberación lenta.

La época de fertilización recomendada en yerba mate es agosto-setiembre, la mayor disponibilidad de los elementos nutritivos debe ser en los meses de setiembre-octubre (Burtnik, 2003), con lo que se estimulan brotaciones vigorosas y el uso eficiente del N particularmente.

Para hacer aún más eficiente la fertilización, el producto se debe depositar en la zona del suelo donde se encuentre la mayor cantidad de raíces activas que ocurre generalmente en los 10 cm superficiales, desparramándolo a vuelo de copa, en surcos situados a 0,50 -0,75 m del tronco (Burtnik, 2003).

Resulta de vital importancia el restablecimiento de los niveles nutricionales que en el sistema de producción extractivista de la yerba mate han llevado a que la materia orgánica, P, K y B se encuentren en niveles críticos (FERTILCORP, 2015) y formen parte del paquete de deficiencias que ha derivado en bajos rendimientos.

Finalmente se han expuesto algunos aspectos determinantes del rendimiento de la yerba mate y las brechas que existen y persisten, por lo que son múltiples los desafíos que aún quedan por ser superados.

Para obtener rendimientos elevados en los yerbales es importante la producción de materia seca, para ello es necesario mantener una determinada área foliar con la consecuente constante provisión de fotoasimilados. Deberá entonces extraerse por campaña hasta un máximo de 70% del área foliar que en esa instancia son órganos de cosecha, dejando sobre la planta al menos un 30% de follaje de mantenimiento para asegurar que actúe como fuente suficiente para estimular los rebrotes vegetativos que restituyan el canopeo que se extrae como consecuencia de las cosechas anuales o bianuales.

Sin duda, la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el canopeo del cultivo de yerba mate puede mejorarse por el empleo de ejemplares selectos, con mayor brotación, y el correcto manejo posterior de las podas. Una manera de mejorar el grado de cobertura para alcanzar el índice de Área Foliar crítico en el menor tiempo posible, es mediante el manejo del ordenamiento espacial de las plantas sobre el terreno (distanciamientos y densidades) que cierren más rápidamente los entresuros, con lo que se conseguiría un incremento en la eficiencia de intercepción de la radiación comparado con los sistemas de baja densidad. Por las características particulares de esta especie, la eficiencia de conversión se mejora maximizando la disponibilidad de agua y nutrientes. Con fertilizaciones se debe garantizar la mayor disponibilidad de los elementos nutritivos en los meses de setiembre-octubre, con lo que se lograría el uso eficiente del nitrógeno particularmente para estimular brotaciones vigorosas.

### ***Conclusiones:***

Durante la vida de los yerbales se suceden una serie importante de cambios fenológicos, fisiológicos y morfológicos que van determinando en el corto y en el largo plazo los componentes numéricos del rendimiento. Componentes que se restituyen, destruyen o reorganizan cada campaña en función a la incidencia de factores intrínsecos y extrínsecos, manifiestos a través de la capacidad de reacción ante situaciones normales o adversas.

La disponibilidad hídrica, la temperatura, la radiación y el tipo de suelo, como principales reguladores del crecimiento y la evolución del cultivo, resultan determinantes de la vida económicamente productiva de los yerbales y de su rendimiento por campaña. La edad y la genética de las plantas como factores intrínsecos, adhieren a la capacidad de expresar el potencial de rendimiento y reaccionar frente a las condiciones ambientales.

Los marcadores genéticos y las técnicas innovadoras de biología molecular hoy proveen una combinación interesante para alcanzar la selección de materiales adaptados a ambientes específicos.

Para lograr una mayor y/o más eficiente producción, los yerbales deben ser manejados de manera tal de optimizar su estado fisiológico general desde el almácigo mismo, partiendo de plantines sanos, criteriosamente rustificados, implantados a densidades adecuadas. Los mismos se convertirán en arbustos nutricional e hídricamente bien provistos, tanto espacial y como temporalmente, y finalmente racionalmente podados y cosechados.

Debido a que la productividad es el resultado de una compleja interacción de factores ambientales, genéticos y de manejo del sistema, la obtención de altos rendimientos se alcanza maximizando cada uno de los componentes ecofisiológicos del mismo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Acevedo, R.M.; Maiale, S.J.; Pessino, S.C.; Bottini, R.A.; Ruiz, O.A. & P.A. Sansberro. 2013. A succinate dehydrogenase flavoprotein subunit-like transcript is upregulated in *Ilex paraguariensis* leaves in response to water deficit and abscisic acid. Plant Physiology and Biochemistry 65: 48-54.
- Aphalo, P.J.; Ballaré, C.L. & Scopel, A.L. 1999. Plant-plant signaling, the shade avoidance response and competition. Journal of Experimental Botany 50: 1629-1634.
- Belingheri, D.L. 2003 Mejoramiento genético de la yerba mate. INTA Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cerro Azul, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
- Burtnik, O.J. 2003. Manual del pequeño yerbatero correntino. INTA, AER Santo Tomé, Corrientes, Argentina. 58 p.
- Carvalho, P.E.R. 1994. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa - CNPF; Brasília: Embrapa-SPI. 639 p.
- Carvalho, P.E.R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 1039 p.
- CONINAGRO (Confederación Intercooperativa Agropecuaria Limitada). 2014. Análisis Sobre Economías Regionales. Yerba Mate en Misiones. 2014. CONINAGRO, 180 p.
- Ferreira Filho, J.C. 1957. Cultura e preparo de erva - mate. 2<sup>a</sup> Edição. Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro. 64 p.
- FERTILCORP. S.R.L. 2015. <http://www.fertilcorp.com.ar/fertilizacion-de-la-erva-mate>. Fecha última consulta: 18/06/17.
- Fontana, H.P., Prat Kricun, S.D. & Belingheri, L.D. 1990. Estudios sobre la germinación y conservación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Informe Técnico N° 52. INTA EEA Cerro Azul, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. 14 p.
- Giberti, G.C. 2011. La “yerba mate” (*Ilex paraguariensis*, Aquifoliaceae) en tempranos escritos rioplatenses de Bonpland y su real distribución geográfica en Sudamérica austral. Bonplandia 20 (2): 203-2012.
- Hernández Bermejo, J.E. & León, J. 1992. Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. FAO. p. 245-252.
- Kaspary, R. 1985. Efeito de diferentes graus de sombreamento no desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Porto Alegre. 54 p.
- Malheiros de Oliveira, Y.M. & Rotta, E. 1985. Área de distribuição natural de Erva Mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.). Documentos EMBRAPA 15: 17-35 p.
- Montechiesi, R. 2008. Yerba Mate, cambios en la producción, no en la actividad. INYM. Misiones, Argentina. 62 p.

- Muello, A.C. 1946. Yerba Mate. Su cultivo y explotación. Enciclopedia Agropecuaria Argentina.31. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, Argentina. 217 p.
- Mutinelli, A. 1981. Caracteres biométricos de las semillas de la yerba-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil. var. *genuina* Loes.). Córdoba: UNC-FCA, Cultivos Industriales: anatomía e fisiología, N°. 46, 28 p.
- Niklas, C.O. 1987. Estudios embriológicos y citológicos en la yerba mate *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). Bonplandia 6(1): 45-56.
- Peña Zubiate, C.A., Maldonado Pinedo, D., D'Hiriart, A. & Marchi, A.A. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. Escala: 1: 500.000 y 1:1.000.000. Tomo II. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD ARG.5/019. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro de Investigaciones de Recursos Naturales. Imprenta La Paz, Buenos Aires, Argentina.
- Pintro, J.C. 1986. Efeitos de diferentes níveis de disponibilidade hídrica-no solo sobre o desenvolvimento e trocas de CO<sub>2</sub> de plantas jovens de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Tese de Maestría das Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto-Alegre, Brasil.
- Pintro, J.C.; Matumoto-Pintro, P.T. & Schwan-Estrada, K.R.F. 1998. Crescimento e desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em solo sob diferentes níveis de fertilidade. Acta Scientiarum 20 (3): 285-289.
- Prat Kricun, S.D. 1993. Yerba mate: Técnicas actualizadas de cultivo. INTA EEA Cerro Azul, Miscelánea N° 27, 14 p.
- Rachwal, M.F.G.; Curcio, G.R.; Dedecek, R.A.; Nietsche, K. & R.I. Radomski. 1998. Influência da luminosidade sobre a produtividade da erva-mate aos quatro anos e quatro meses de idade sobre latossolo vermelho-amarelo distrófico em São Mateus do Sul, PR. En: 1º Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, 2ª Reunião técnica do cone sul sobre a erva-mate. Anais. Centro de Convenções Curitiba, Paraná, Brasil, p. 445.
- Rachwal, M.F.G.; Curcio, G.R.; Dedecek, R.A.; Nietsche, K. & Radomski, R.I. 2000. Influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e tanino em folhas de erva-mate. En: 2º Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, 3ª Reunião técnica do cone sul sobre a erva-mate. Anais. Centro de Convenções Encantado: Rio Grande do Sul, Brasil. p. 417-420.
- Rakocevic, M.; Medrado, M. J. S; Lucambio, F. & Valduga, T.A. 2006. Caracterização do microclima luminoso em dois sistemas de cultivo da erva-mate e o seu impacto na produtividade de plantas. En: 4º Congreso Sudamericano de la Yerba Mate. Posadas, Misiones. p. 263-268.
- Reissmann, C.B.; Prevedello, B.M.; Quadros, R.M.B.; Radomski, M.I. 1997. Production-and foliar N, P, K, Ca and Mg levels in erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) related to increasing base saturation levels. Curitiba. Arquivos de Biología e Tecnología 40-(1): 241-249.
- Rodrigues Viera, A.N.; De Oleveira Suertegaray, C.E.; Heldwein, A.B.; Maraschin, M. & Lima da Silva, A. 2003. Revista Brasileira de Agrometeorología 11 (1): 91-97.
- Sack, L. & Grubb, P.J. 2002. The combined impact of deep shade and drought on the growth and biomass allocation of shade tolerant woody seedlings. Oecologia 113: 175-185.

- Sansberro, P. A.; Mroginski, L. A. & Bottini, R. 2000. Giberelinas y brotación de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). 5ta. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, organizado por UNNE – Campus Resistencia.
- Sansberro P, Mroginski L. & Bottini, R. 2004. Abscisic acid promotes *Ilex paraguariensis* growth by alleviating diurnal water stress. Plant Growth Regulation 42: 105-111.
- Seavers, G.P. & Smith, H. 1998. The reflectance properties of plant internodes modify elongation responses to lateral far-red radiation. Plant, Cell and Environment 20: 1372-1380.
- Sosa, D.A., S. Barbaro, F. Alvarenga, O. De Coll, D.V. Ohashi, R. Rybak & Agostini, J.P. 2011. Yerba mate. Manual de campo. INTA EEA Cerro Azul, Misiones, Argentina. 51 p.
- Stewar, B.A. & Power, P.O. 1993. Managing crop residues for the retention of carbon. Water, Air and Soil Pollution 70: 373-380.
- Zbigniew Mazuchowski, J. 2004. Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil. Tese de Maestría do Departamento de Solos e Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil. 94 p.
- Zbigniew Mazuchowski, J. ; E. Teixeira da Silva & Maccari Junior, A. 2007. Efeito da luminosidade e da adição de nitrogênio no crescimento de plantas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. Revista Árvore, Viçosa-MG. 31 (4): 619-627.