

B 3.9

MORTALIDAD DE PINOS EN CORRIENTES: CUANDO LOS PRONÓSTICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DEJAN DE SERLO Y SE CONVIERTEN EN ACTUALIDAD

<https://www.argentinaforestal.com/2022/12/07/mortalidad-de-pinos-en-corrientes/>



Autora: María Elena Fernández

UEDD IPADS, INTA-CONICET, sede Tandil,
Pcia. de Buenos Aires, Argentina



Autor: Gabriel Gatica

UEDD IPADS, INTA-CONICET, sede Tandil,
Pcia. de Buenos Aires, Argentina



Autora: Nardia Bulfe

EEA INTA Montecarlo, Montecarlo,
Pcia. de Misiones, Argentina



Autor: Norberto Pahr

EEA INTA Montecarlo, Montecarlo,
Pcia. de Misiones, Argentina



Autor: Javier Gyenge

UEDD IPADS, INTA-CONICET, sede Tandil,
Pcia. de Buenos Aires, Argentina

El fenómeno de mortalidad masiva -o extendida- de árboles en bosques naturales se produce cuando las tasas de mortalidad superan a las esperables por los procesos de dinámica poblacional propios de cada sistema. Este fenómeno se viene reportando desde hace algunas décadas en varias partes del mundo, pero fue en el año 2010, cuando se publicó el primer estudio que integró la información disponible a nivel mundial (Allen et al., 2010; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>). Este estudio se fue actualizando en años subsiguientes con más y más casos (ver por ej. Hammond et al., 2022, para un reporte reciente: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29289-2>). La conclusión en todos los trabajos fue la misma: la mortalidad extendida de árboles no es propia o exclusiva de un determinado tipo de ecosistema o grupo de especies.



Figura 1: Ejemplo de plantaciones de *Pinus taeda* con distinto nivel de mortalidad en la Pcia. de Corrientes. En el panel superior se observa la situación de mortalidad variable, donde algunos árboles mueren y otros sobreviven dentro del rodal. En la imagen inferior se observa un lote con mortalidad masiva en buena parte del área forestada.

Si bien, en diversos casos la causa primaria de mortalidad es compleja de ser desentrañada -porque puede haber interacción con plagas o incendios- los eventos siempre coinciden temporalmente con sequías y olas de calor, y en particular cuando ambos elementos se juntan y conforman lo que hoy se denomina “sequías propias del cambio climático” o “hotter-droughts”. En comparación con estos reportes en bosques naturales, son menos extendidos los informes en don-

de se notifica mortalidad en bosques cultivados, especialmente en plantaciones con árboles adultos, donde se supone que las plantas están menos expuestas a los riesgos climáticos debido a que en general se les proporcionan condiciones nutricionales e hídricas -por riego o por manejo de la densidad- que permiten su crecimiento en condiciones óptimas (o por lo menos, mejores que en las condiciones donde las especies se desarrollan naturalmente, favoreciendo altas tasas de crecimiento medio). Sin embargo, una vez más la realidad nos muestra que ningún sistema está exento. En este sentido, desde el año 2021, y con gran velocidad durante 2022, se viene produciendo un fenómeno de mortalidad extendida de árboles en plantaciones, principalmente pinos (Fig. 1), en la Pcia. de Corrientes, que ha generado gran alarma en el sector forestal. Es así, como se conformó un comité de emergencia en el que participan distintas empresas forestales, productores, tomadores de decisión nacionales y provinciales, e instituciones académicas para abordar esta problemática.



¿Por qué murieron -o se están muriendo- los pinos en Corrientes?

Lo primero que se descartó en plantaciones afectadas por mortalidad masiva fue que este proceso se generó por el ataque de insectos plagas. El fenómeno no obedeció al ingreso de una nueva plaga, o al estallido poblacional de alguna preexistente. La causa de muerte se debió, principalmente, al estrés abiótico. Como es de público conocimiento debido a la magnitud de los incendios ocurridos en la provincia, los cuales fueron divulgados en todos los medios de comunicación, esta región sufrió una sequía severa y extendida en el tiempo sumada a altísimas temperaturas. El análisis climático de las estaciones meteorológicas muestra que desde el año 2019, y de manera consecutiva, las precipitaciones han estado por debajo de la media histórica para la región. A la vez, las temperaturas medias, mínimas y máximas han excedido las medias históricas en los últimos tres años, con records históricos de olas de calor (es decir, tres o más días consecutivos con temperaturas marcadamente superiores a lo normal). La combinación de ambas variables puede verse en índices combinados como el SPEI (Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración, por sus siglas en inglés), que están relativizados a las condiciones meteorológicas históricas del lugar. En este índice, los

valores positivos y negativos expresan meses húmedos y secos, respectivamente, mientras que el valor absoluto indica la magnitud del evento. A modo de ejemplo, en la Fig. 2 se observa el SPEI para la Estación meteorológica de la EEA Bella Vista del INTA, en donde se puede apreciar los valores negativos (con respecto a la media histórica) desde el año 2019, periodo que siguió a un ciclo húmedo de aproximadamente 7 años. Con anterioridad el SPEI también muestra valores negativos que representan sequías, sin embargo, en estos últimos años no hubo prácticamente periodos húmedos intermedios que permitan la recarga de las reservas de agua de los suelos y acuíferos. Estos años corresponden a años Niña en cuanto al fenómeno forzante macrorregional de temperatura del océano Pacífico. En este sentido, se encontró una asociación positiva entre la magnitud del fenómeno de La Niña-Oscilación del Sur y el SPEI en esta región. De acuerdo a algunos autores, los valores de SPEI por debajo de -1 indican sequías severas, y por debajo de -1,5, sequías extremas. Si bien estas intensidades tienen mayor sentido biológico para ecosistemas nativos, adaptados a las condiciones climáticas históricas de un lugar, sirven también para revelar la magnitud y particularidad del evento climático. De hecho, los individuos implantados considerando su material genético y el manejo aplicado están alineados con las condiciones “normales” de la región. Más allá del SPEI, es importante destacar que las temperaturas máximas registradas a fines de 2020 y principios de 2022, con varios días seguidos de temperaturas superiores a 40°C, estarían por encima de la termo-tolerancia de las especies forestales implantadas. Por ejemplo, en Mercedes, Corrientes, la estación meteorológica del INTA registró temperaturas máximas por encima de 30 °C todos los días de enero y febrero de 2022, con una ola de calor de 19 días consecutivos de más de 40°C en enero, y dos olas de calor de 3 y 6 días consecutivos con más de 40°C en febrero. La temperatura media máxima en enero fue de 39,3°C, i.e. 6,5 °C por encima de la media máxima histórica (1951-2019), y de 37,6°C en febrero, i.e. 5,8°C por encima de la media máxima histórica para la zona. Asimismo, las temperaturas medias estuvieron 4 y 2°C por encima de las históricas. Estudios recientes destacan la importancia de estudiar el impacto diferencial que tienen las altas temperaturas sobre la mortalidad de bosques, ya que podrían tener efectos letales aún en ausencia de sequía (es decir, aún con abundante agua en el suelo).

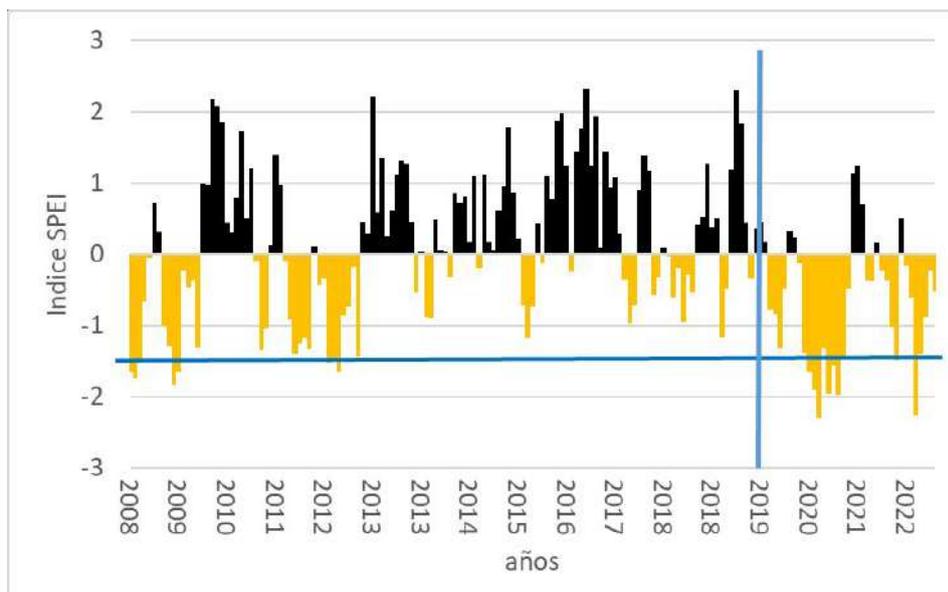


Figura 2: SPEI en la estación Bellavista, Corrientes. Valores positivos (barras negras) denotan condiciones más húmedas (y/o de menor evapotranspiración potencial) que las históricas en el lugar. Valores negativos (barras amarillas), indican condiciones más secas que las históricas. La barra vertical azul indica el año 2019 donde comienza el periodo extremadamente seco y cálido. La línea azul horizontal indica un SPEI de -1,5, que para algunos autores marca el límite entre sequía severa y extrema.

Por otro lado, es importante destacar que cuando se superan ciertos umbrales fisiológicos de las especies, por más que las condiciones ambientales favorables se restablezcan (por ej., se produzca la recarga de agua del suelo por precipitaciones), el proceso de mortalidad sigue avanzando. En realidad, para cuando el mismo se visualiza con el amarronamiento de las copas, el árbol ya entró en un ciclo de decaimiento varios meses atrás (o incluso años, aunque éste no sea el caso para los pinos en Corrientes), proceso que es prácticamente irreversible. De allí la importancia de poseer alertas tempranas a nivel fisiológico que permitan tomar medidas de mitigación -cuando éstas son posibles- o al menos, preparar la logística para el evento masivo que se va a producir un tiempo más adelante.

El pino taeda, el mas afectado

Retornando a la pregunta de la causa de la mortalidad observada recientemente, si bien no podemos medir nada fisiológico en los árboles – a manera de autopsia- que nos indique con absoluta certeza la causa de muerte, podemos concluir con bastante seguridad que la falta de agua en los suelos sumada a las olas de calor, proceso climático acumulado durante poco más de 3 años consecutivos, ha llevado a superar los umbrales fisiológicos de tolerancia al estrés abiótico en las especies forestales implantadas en la región. En este sentido, y en particular el pino taeda, que ha sido la especie más afectada, se caracteriza por sus altísimas tasas de crecimiento (en comparación con el crecimiento de la especie en sus zonas de distribución natural en Norteamérica), lo que ha venido de la mano de una relativamente alta susceptibilidad a la sequía (al menos, extrema) dada por su alta vulnerabilidad a la cavitación del xilema y baja capacidad de regulación estomática de la transpiración (según mediciones fisiológicas realizadas en progenies creciendo en la Pcia. de Misiones). Asimismo, la especie muestra una gran variabilidad genética (diferencias entre progenies) y plasticidad en la asignación del carbono fijado entre estructuras aéreas (tallos, hojas) vs. subterráneas (raíces) de acuerdo a las condiciones de crecimiento. Esto podría resultar en un óptimo crecimiento aéreo cuando las condiciones son favorables (años con abundancia de recursos hídricos) pero podrían generarse desbalances entre estructuras que proveen agua vs. las que la pierden cuando las condiciones cambian drásticamente.

¿Por qué algunos árboles o rodales se murieron y otros no?

Responder con precisión a esta pregunta nos permitiría poder proponer medidas de adaptabilidad de la producción frente a futuros riesgos climáticos. En esta instancia del proceso, estamos empezando a recabar los primeros datos y a trazar los primeros patrones. De manera preliminar y a partir de un estudio de caso representativo de una extensión de aproximadamente 20 mil hectáreas, podemos concluir que el fenómeno se asoció principalmente a pino taeda, seguido en su incidencia en pino *elliottii*, y con baja incidencia en el pino híbrido y en los eucaliptos, y que también se afectaron las forestaciones de mayor edad a nivel predial. En ninguno de los casos podemos asegurar que la especie y la edad hayan sido completamente determinantes ya que al ser forestaciones comerciales y no un ensayo experimental, no poseemos ejemplos de todas las combinaciones de especies y edades en todos los tipos de suelos. Por otro lado, las forestaciones analizadas, tomando como fecha de análisis marzo de 2022 (es decir, el fenómeno siguió evolucionando posteriormente), muestran una alta asociación entre el nivel de mortalidad y el tipo de suelo. Así, se pudieron discriminar tres situaciones de mortalidad:

1. Sin mortalidad (o muy baja): rodales en suelos profundos (de más de 1 m de profundidad), relativamente bien drenados, con presencia de moteados (manchas más o menos redondeadas, no endurecidas, de Fe y Mn que son síntomas de procesos hidromórficos) a 80 cm de profundidad o más. No se observó contacto lítico ni capa freática y se constató la presencia de un horizonte Bt (horizonte subsuperficial con acumulación de arcilla silicatada) franco-arcilloso en profundidad. El sistema radical de los árboles es bien desarrollado, explorando todo el perfil del suelo.

2. Zonas con alta incidencia de mortalidad (90-100%): son suelos pocos profundos, con presencia de un contacto lítico a una profundidad inferior a 50 cm y drenaje moderado. El sistema radical presenta desarrollo superficial impedido por el contacto lítico.

3. Zonas con incidencia de mortalidad media a alta, de entre 40-50% a 100% según el sector: son suelos profundos, con drenaje deficiente, presencia de napa cercana a la superficie y de moteados a una profundidad de 30 cm aproximadamente. También se observó la presencia de un horizonte Bt franco-limo-arcilloso en profundidad. El sistema radical tiene desarrollo a escasa profundidad, sin embargo, comparado con el sitio de alta mortalidad las raíces tuvieron un mayor volumen de exploración, el cual fue impedido en este caso por la acumulación excesiva de agua, provocando una condición de anoxia. Se observó una gran variabilidad del comportamiento de la especie (árboles muertos vs. árboles vivos) posiblemente asociada a una condición transicional entre tipos de suelos.

De acuerdo con esta diferenciación de los patrones de mortalidad a nivel de rodal, planteamos una hipótesis general que explica las características diferenciales que tendrían las plantas en los distintos sectores, que se expone en la Figura 3.



Figura 3: Hipótesis que explica la mortalidad diferencial asociada a distintos tipos de suelos en un estudio de caso en la Pcia. de Corrientes.

sector con alta mortalidad fue menor que en los otros dos sectores. Asimismo, dentro del sector con mortalidad intermedia, los árboles que sobrevivieron fueron aquellos que expresaron un mayor crecimiento medio en los últimos años (desde 2015), denotando menores condiciones de estrés y/o mayor acceso a recursos a nivel de microsítio. Se está trabajando en análisis más exhaustivos de los patrones de crecimiento de los árboles y su respuesta al clima.

En síntesis, más allá de la asociación temporal entre la mortalidad y la sequía-olas de calor de los últimos años, la incidencia de mortalidad se asoció espacialmente con las características edáficas, al menos dentro de la variabilidad registrada en el predio de estudio. La mayor mortalidad se dio en zonas opuestas en cuanto a productividad del fuste: tanto en zonas de relativamente baja productividad como en zonas de media a alta productividad, pero en ambos casos, donde las condiciones de suelo -por impedimento físico al desarrollo o por la presencia de una napa superficial- impiden el adecuado desarrollo del sistema radical de las plantas. Cabe destacar que, dentro de la zona de alta productividad, la mortalidad afectó más a los árboles que presentaban menor crecimiento individual. Esto puede sugerir que el manejo de la densidad -que favorezca el crecimiento en los árboles remanentes- podría ser una estrategia a aplicar para aumentar la resistencia a fenómenos extremos. En general, los sectores que pudieron resistir el evento extraordinario de sequía-olas de calor fueron aquellos donde las plantas poseen un buen desarrollo de raíces.

Se requieren más estudios -algunos de ellos ya en marcha- que permitan ampliar la escala geográfica analizada, así como explorar -a través de análisis de anillos de crecimiento de los árboles y con sensores remotos a escala de rodal- los patrones temporales asociados al fenómeno en distintas condiciones (de ambiente y manejo). Sin embargo, este primer análisis de situación es bastante elocuente y debe ayudar a concientizar al sector forestal sobre la necesidad de comprender los patrones y procesos asociados al cambio climático. El mismo ha dejado de ser un pronóstico futuro incierto para ser una realidad palpable que requiere una acción mancomunada urgente para aumentar la adaptabilidad y resiliencia de nuestros sistemas productivos.