Muestreo annual de mortalidad y daño de árboles - ForestGEO

Versión: Enero 6, 2021

Gabriel Arellano[1], Daniel Zuleta[2], Stuart J. Davies[2]

[1] Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 48109, USA.
[2] Forest Global Earth Observatory, Smithsonian Tropical Research Institute, Washington, DC, 20013, USA.
¿Preguntas? gabriel.arellano.torres@gmail.com, dfzuleta@gmail.com

Descripción general

El muestreo anual de mortalidad (AMS, por sus siglas en Inglés) tiene como objetivo evaluar el vigor, la pérdida de biomasa y factores asociados con la posible muerte de árboles. El AMS incluye un subconjunto de los tallos con dbh ≥1 cm en el punto de medida (POM) que se encontraban vivos en el censo completo más reciente de la parcela de ForestGEO. Los tallos incluídos en el muestreo provienen de un muestreo estratificado basado en clases diamétricas y hábitats dentro de la parcela. Los hábitats más característicos de cada parcela son discutidos a priori con los investigadores principales. Para individuos, evaluaremos supervivencia. Para tallos, evaluaremos cambios en la biomasa y otras métricas que puedan estar relacionadas con la supervivencia futura del individuo. La población incluida en el muestreo de mortalidad se actualizará cada 5 años, después del censo completo. Por tanto, este será un estudio de cohorte durante periodos de 5 años entre censos completos. Este documento no describe otros aspectos estadísticos y prácticos que se tomaron en cuenta al diseñar los muestreos. Aunque este protocolo se centra en parcelas grandes, puede ser fácilmente aplicado a cualquier tipo de parcela o inventario forestal. Detalles específicos sobre el diseño del muestreo, la justificación de las variables colectadas así como asuntos estadísticos y prácticos considerados en el AMS son descritos en el artículo principal (Arellano et al. 2021). La página web de ForestGEO contiene este protocolo, el link al artículo y ejemplos del formulario de campo (https://forestgeo.si.edu/node/146527/).

Procedimiento en campo y definiciones operativas

Dos personas examinan el tallo e individuo mientras caminan alrededor durante unos 30 segundos (más si el árbol es grande o es difícil caminar). Examine el árbol visualmente, de modo general, honesto, profesional, sin binoculares. Busque factores "**inmediatamente visibles**": los que se pueden ver mientras se camina alrededor del árbol en 30 segundos. En el caso de árboles grandes, invierta más tiempo comprobando el estatus de la copa, la iluminación, infestación de lianas, etc. Después, rellene el formulario (ver secciones siguientes). Si es imposible evaluar un determinado aspecto de un tallo, use "?" (= "no puedo saber en 30 segundos sin binoculares"). Por ejemplo, use "?" para la variable "Modo: S/B/U" cuando el árbol está muerto y solo encuentra la etiqueta o placa.

Recuerde que estamos buscando (1) cosas potencialmente malas para el árbol, y (2) síntomas de cosas malas.

Tómese un tiempo para leer y discutir detenidamente las principales definiciones operativas descritas a continuación:

POM: Punto de medida del diámetro (por sus siglas en Inglés), usualmente a 1.3 m sobre el suelo.

Individuo: Un individuo esta compuesto por todo el material vegetal que surge del mismo sistema radicular. Tallos con una conección obvia entre su componente aéreo y subterraneo son asignados al mismo individuo. En el caso de especies clonales, dos tallos a una distancia de 1 m el uno del otro, son probablemente el mismo individuo, pero existen diferentes reglas dependiendo de la biología de la especie. En el muestreo de mortalidad de ForesGEO, se incluyen individuos con uno o mas tallos con DBH ≥1 cm en el POM registrados en el previo censo completo de la parcela.

Tallo: La mayoría de los individuos estan compuestos de un solo tallo. Si hay múltiples tallos con DBH ≥1 cm bifurcandose por debajo del POM, cada uno es considerado un "tallo" en este protocolo. Note que, en algunas especies, las bifurcaciones pueden darse a ras del suelo o incluso por debajo. Aquellas ramas que se originan por debajo del POM y alcanzan DBH ≥1 cm también son consideradas tallos, no ramas, y tienen su propia placa en las parcelas de ForestGEO. En este protocolo, cada tallo es evaluado separadamente, por lo que las filas en el formulario corresponden a tallos, no a individuos.

Eje principal: No todas las plantas leñosas tienen un tronco principal obvio desde la base hasta la punta. Nosotros utilizamos una definición operacional que permite medidas consistentes entre muestreos. El objetivo es dividir cada tallo en: *eje principal* y *ramas*, de una manera que sea repetible. El "**eje principal**" va desde el punto de enraizamiento (altura = 0) hasta la punta del tallo principal, pasando a través del POM (Figura 1a). Desde el POM a la punta, seguimos la parte más gruesa en cada bifurcación, sin importar si está viva (Figura 1b) o muerta (Figura 1a-c). Si la bifurcación implica dos partes de exactamente el mismo tamaño, siga la que está viva (Figura 1d). Si ambas están vivas, siga la que vaya más directamente hacia arriba (Figura 1e). Si las dos van igualmente hacia arriba, siga la más larga (Figura 1f). Desde el POM al punto de enraizamiento es generalmente muy obvio cuál es el eje principal. Solamente si hay duda, siga la línea más corta, a lo largo de tejidos vivos, que conecte el POM con un punto de enraizamiento. (Las Figuras 2 y 10 muestras ejemplos adicionales de definición de ejes principales en individuos con múltiples tallos.)

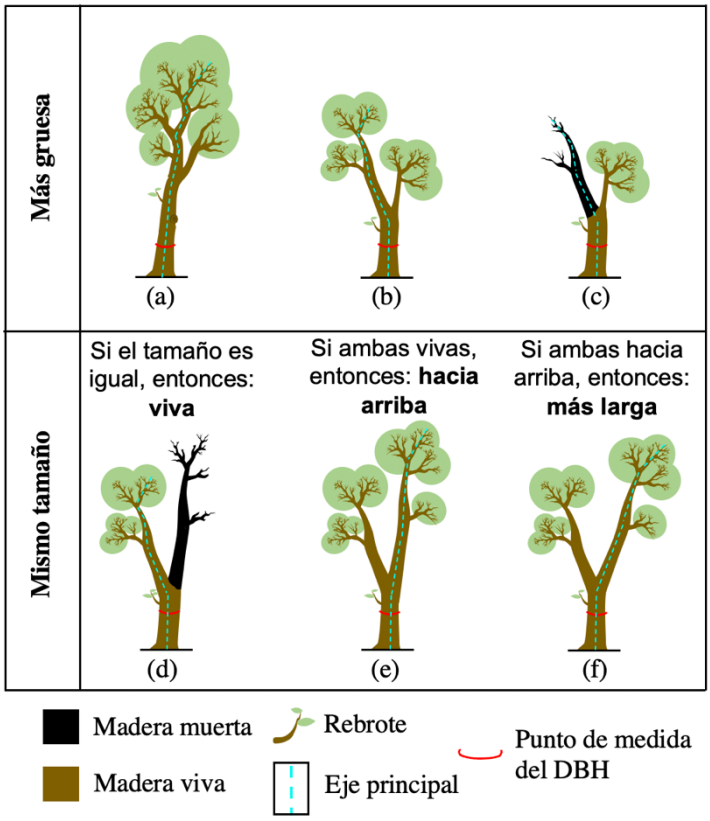


Figura 1. Definición del eje principal (linea azul punteada) en individuos con un único tallo (i.e., un único DBH). En orden de importancia, los criterios para definir el eje principal son: la sección del tallo más gruesa, viva, que vaya más hacia arriba, y que sea más larga. Ejemplos con definiciones de eje principal para individuos con múltiples tallos se encuentran en la Figura 2.

Ramas: las ramas son secciones leñosas conectadas lateralmente al eje principal **por encima del POM**. Aquellas secciones leñosas conectadas al eje principal por debajo del POM son, por definición tallos, no ramas (e.g., Figuras 4, 9, y 10). Si estos tienen DBH ≥1 cm en el POM, ellos llevarán una placa y serán evaluados independientemente porque este muestreo incluye todos los tallos del individuo con DBH ≥1 cm.

Copa: El conjunto de todas las ramas en un tallo.

Daño: incluye cualquier daño físico que **deja madera interna expuesta** en el momento de evaluación. Si la madera interna está cubierta por resina o látex, pero asumes que la herida es reciente se considera "daño" también (e.g., tallo #25 en Figura 10). Cualquier daño pasado que ahora está cubierto por corteza, cicatrizado, no se considera "daño" en este muestreo ya que no representa un riesgo actual para el árbol (e.g., heridas cerradas, caso 1 en Figura 9, tallo #1 en Figura 10). Heridas cerradas, cicatrizadas, no son heridas para este muestreo (*e.g.*, Figura 4). Del mismo modo, cicatrices de ramas antiguas que ya cayeron no se consideran pérdida de ramas. Esta definición de daño es utilizada para decidir si el eje principal esta roto o no, para estimar el daño en la copa y para registrar si hay heridas a lo largo del eje principal (ver secciones abajo). Note que la distinción entre "**hay** madera interna expuesta" y "**no hay** madera interna expuesta" es crucial para la correcta implementación de este protocolo, ya que representa la definición operacional de "tiempo". Éste es nuestro criterio para determinar si algo ocurrió recientemente o hace mucho tiempo para ser considerado.

Variables colectadas en cada árbol

Los formularios de campo están diseñados para ser diligenciados completamente para cada tallo. Si no es posible evaluar algún aspecto in particular, use "?" (= "no puedo saber en 30 segundos sin binoculares"). No olvide registrar las **personas** y la **fecha** en cada página.

Estado de supervivencia del individuo (OK / A / D / X / NF)

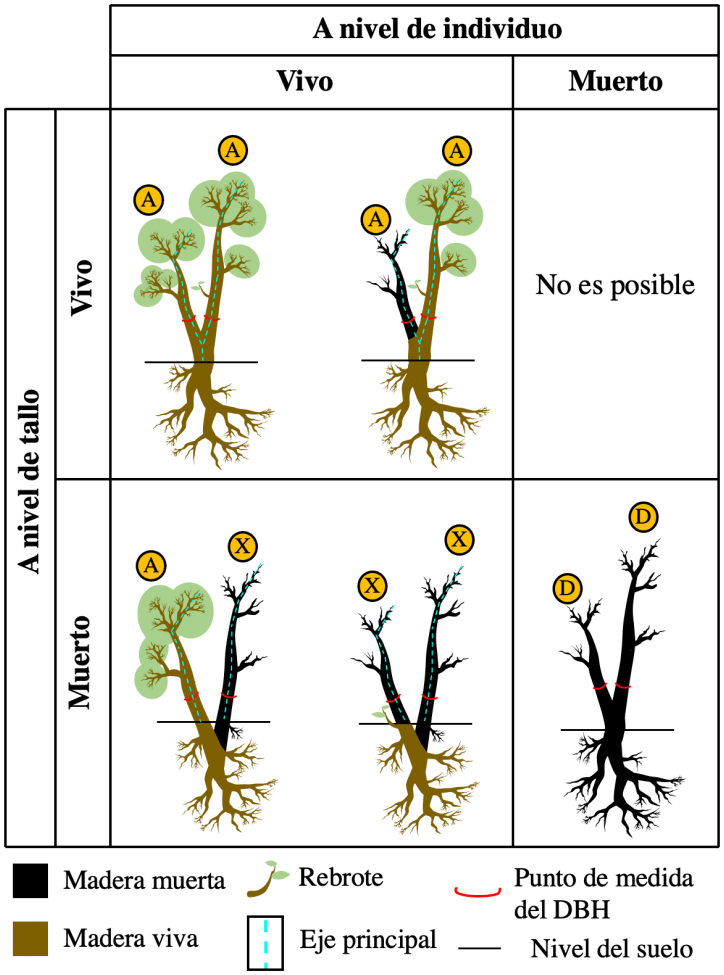


Figura 2. Tres únicas posibilidades de registrar el estado de supervivencia del individuo en cada *tallo* (filas) del formulario de mortalidad: "A", "D" o "X". Note el rebrote en la base del árbol en el segundo caso de "X": tallo seco (o descompuesto) en un individuo vivo. Esta figura también proporciona ejemplos de la definición del *eje principal* (línea azul punteada) en *individuos* con multiples *tallos*.

A: *Tallo* vivo (implica individuo vivo). "A" debe ser registrado cuando existe cualquier tejido vivo en el *tallo*. Por ejemplo, un pequeño segmento del tallo o un rebrote. Note que, incluso si no hay rebrotes verdes, un árbol puede estar vivo si el cambium está visiblemente verde y las ramas son flexibles.

D: *Individuo* muerto (implica *tallo(s)* muerto(s)). Anótelo cuando no hay señal de tejidos vivos en ninguna parte del *individuo*: ni en el *tallo* que esté evaluando, ni en ningún otro *tallo* o componente del árbol.

X: Este caso aplica a *tallos* enteramente compuestos de tejidos muertos sobre el suelo, en su componente aéreo ("longitud viva = 0 m", ver abajo) en un individuo que se encuentra vivo (i.e., un individuo que tiene tejidos vivos en algún otro lugar, pero no en este *tallo*). Dado que este protocolo únicamente se enfoca en el componente aéreo del arbol y los tallos son definidos a partir del nivel del suelo, el caso "X" aplica únicamente a tallos con un rebrote a nivel del suelo o para individuos de tallos múltiples que se bifurcan a ras del suelo o por debajo (Figura 2). Una manera alternativa de codificar un tallo "X" es "estado de supervivencia = A" junto con "longitud viva [del tallo] = 0 m" (ver secciones posteriores y Figura 10).

NF: Tallo no encontrado y placa/etiqueta no encontrada.

OK: Se utiliza como atajo para registrar un tallo saludable y sin daños. "OK" significa que el tallo en evaluación está vivo, "en pié" y con una longitud completa de eje principal (i.e., no desraizado ni quebrado),

tiene tejidos vivos a lo largo de su eje principal, y tiene la copa completa (>90% de la copa). Este código ahorra mucho tiempo en campo y su implementación es puramente logística.

Modo (S, B, U)

Este campo describe el modo de muerte (si el estado de supervivencia del individuo es "D") o daño (si el estado de supervivencia del individuo es "A" o "X"). Si el individuo esta muerto, el objetivo esn inferir qué pudo haberlo matado. Si el individuo está vivo, estamos interesados en registrar el daño, el cual reduce la biomasa aérea e impacta la supervivencia futura del individuo.

S: 'standing', aparentemente completo, en pie completamente. El eje principal está completo y conserva continuidad o integridad física. Esto *no* implica que el *tallo* está vertical. Este código aplica incluso si el *eje principal* está parcial o completamente compuesto de tejidos muertos (la proporción de tejido muerto es estimado como "longitud viva" abajo). Árboles dañados o muertos siempre estarán incompletos hasta cierto punto. Si estima que los tejidos murieron mientras estaban ahí, de pie, anote "S".

B: 'broken', roto, aparentemente incompleto, pero la parte que permanece está de pie aún, aunque solo sean unos pocos centímetros. Piense en el momento en el que el evento (daño o muerte) ocurrió. "B" generalmente implica que hubo una fuerza externa actuando sobre el tallo. Generalmente, una sección quebrada del eje principal presenta astillas.

U: 'uprooted', con las raíces expuestas. Implica que algo que estaba bajo tierra ahora está expuesto al exterior. Al igual que "B", "U" generalmente implica una fuerza externa actuando sobre el individuo. Raíces aéreas o adventicias, o raíces expuestas por erosión del suelo, no califican como "U". Estar desraizado no implica necesariamente que el eje principal del tallo esté en el suelo (puede estar apoyado en otros árboles, por ejemplo). Si Modo = "U", hay que rellenar siempre la columna "° Inclinación".

Todos los tallos dañados o muertos "S" se volverán tallos "B" en algún momento (Figura 3). Es importante tratar de registrar el daño standing (si ocurrió) antes de que la madera empiece a descomponerse y luzca quebrado. Una clave que ha sido de utilidad para diferenciar entre "B" o "S" es examinar las astillas en el tallo y los detritos en el suelo alrededor del árbol (Figura 3). En la trayectoria S→B, el árbol generalmente empieza a descomponerse desde arriba. Con el tiempo, las ramas y el tronco caen en secciones relativamente pequeñas y discontinuas. Por el contrario, la trayectoria B→B implica una fuerza mecánica externa actuando sobre el tallo (e.g., tormentas u otras causas de caídas de ramas y troncos). Cuando un árbol se quiebra, el tallo remanente queda con astillas y la parte que cae al suelo se encuentra en secciones continuas que se descomponen lentamente y son relativamente fáciles de encontrar alrededor del árbol.
Si no tiene muy claro sin un tallo es "S" o "B", use "S/B o registre la incertidumbre en el campo de comentarios.

Si un tallo está desraizado (U) y roto (B), anotar ambos códigos en el mismo campo. "B" y "S" no son compatibles. Cuando el individuo está muerto y únicamente se encuentra la placa, anote "Modo = ?".

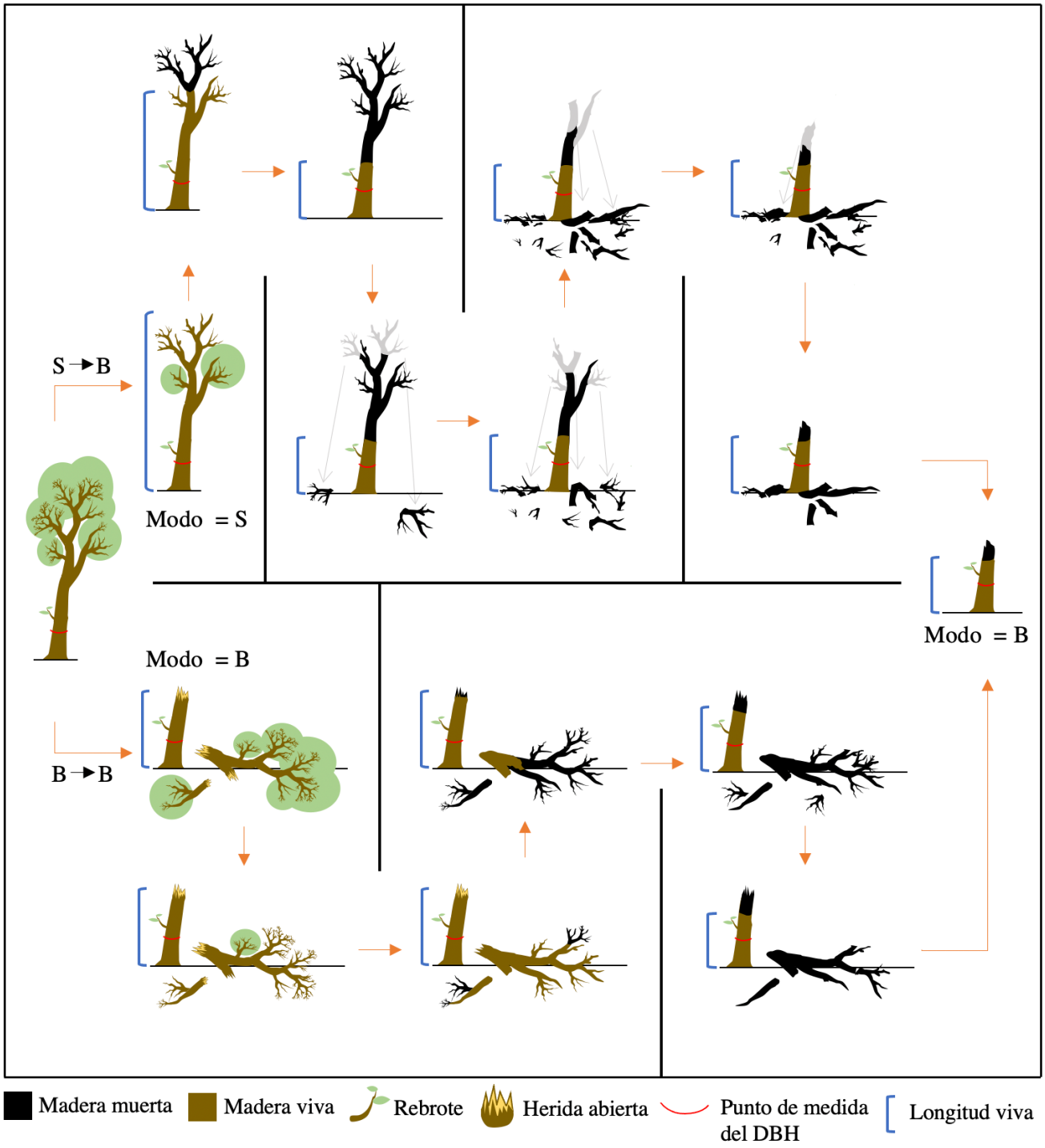


Figura 3. Dos causas diferentes pueden conducir al mismo modo de daño/muerte después de un tiempo: desde un árbol que fue quebrado inicialmente (B→B) hasta un árbol que aparece quebrado (B) solo después de que un daño no mecánico ocurre y la madera empieza a descomponerse (S→B). Note que en estos casos, las astillas y los detritos en el suelo alrededor del árbol pueden ayudar a diferenciar entre estos dos modos de daño/muerte. Específicamente, la falta de astillas prominentes en el tallo y la presencia de troncos y secciones de ramas con segmentos suavizados en el suelo puede indicar la transición S→B.

Longitud viva (m)

Longitud de tejidos vivos en el *eje principal* del *tallo* en metros. Registre la *longitud viva* del *eje principal* cuando el tallo esté vivo pero quebrado (modo = "B"), o en el proceso de morir en pie (modo = "S") (Figura 3). No registre nada cuando el eje principal esté completo, compuesto enteramente por tejidos vivos. Generalmente, corresponde a la parte más basal del tallo. Sin embargo, un árbol puede caer, rebrotar a lo largo de su tronco y sobrevivir y crecer desde allí, y su base podría morir (Figura 10, caso #15) o mantenerse viva (Figura 10, caso #26). En estos casos, registre la longitud viva total a lo largo del *eje principal*, sin importar cómo esté distribuida en el tallo. Generalmente podremos identificar longitudes vivas cortas (<POM), especialmente si la placa permanece unida a la bifurcación. En otros casos la placa no está ahí y no podemos estar seguros de la estructura que tenía el tallo. En el último caso anote '<POM' en este campo.

Copa remanente dentro de la longitud viva (%)

Registre la proporción de copa restante (%) dentro de la longitud viva. Aquellas ramas por debajo del POM no son consideradas en este protocolo y por tanto no se tiene en cuenta para la evaluación de la proporción de copa. Esta evaluación está basada en la evidencia de ramas muertas que aún permanecen conectadas al eje principal (recuerde la definición de ramas en este protocolo) o ramas quebradas que dejan madera interna expuesta (Figura 4). No se incluyen en esta evaluación las ramas que cayeron hace mucho tiempo como para que la cicatriz ya esté cerrada y no tenga madera interna expuesta. En este campo, 100% significa que no hay evidencia de que se hayan perdido ramas dentro de la longitud viva; mientras que 0% significa que el tallo perdió toda la copa dentro de la longitud viva (Figura 4). Si no habían ramas dentro de la longitud viva, anote "NA", no 0%. A veces es difícil distinguir ramas muertas de ramas vivas sin hojas. Generalmente las ramas vivas tienen muchos tallos pequeños terminales, que desaparecen rápidamente cuando la rama muere (Figura 4). No asigne bajos porcentajes de copa a árboles de especies con copas naturalmente abiertas o dispersas (p. ej. *Cecropia*), o con crecimiento anormal/asimétrico. En el caso de palmas, evalúe la perdida de hojas en este campo (con cuidado durante el análisis de datos).

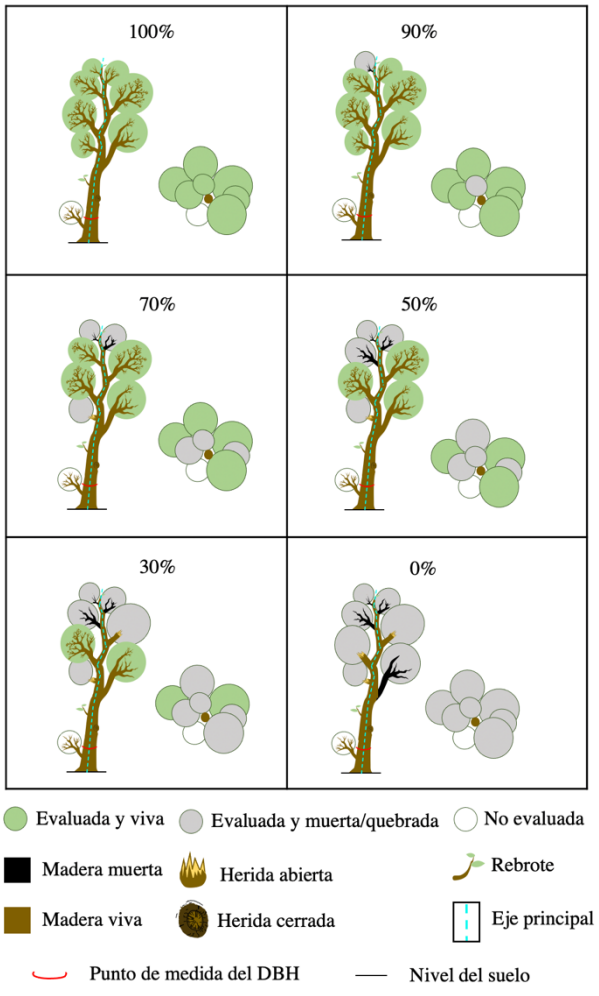


Figura 4. *Copa restante dentro de la longitud viva (%)*, con proyecciones laterales y verticales para los casos estándar. Los círculos verdes corresponden a ramas vivas que son incluídas en la evaluación (i.e., están conectadas a la *longitud viva* del *eje principal* por encima del POM). Círculos grises corresponden a ramas muertas que permanecen conectadas al eje principal (ramas negras) o que cayeron recientemente (herida abierta). Círculos vacíos se refieren a las estructuras que no son evaluadas porque no están conectadas por encima del POM (recuerde que la copa es definida por encima del POM). Estructuras leñosas por debajo del POM que sean mas grandes que 1 cm en DBH serán evaluadas independientemente ya que tendrán una placa propia en la mayoría de inventarios forestales. Sin embargo, estas deben ser evaluadas en las secciones "índice de iluminación", "% hojas" y "Daño en hojas" (ver abajo). Note que las ramas muertas no tienen pequeñas ramillas en las puntas; esta es una clave visual que ha demostrado ser útil durante el muestreo. Vea la Figura 9 para casos de evaluación de % copa cuando la longitud viva decrece.

Índice de iluminación (CI, por sus siglas en Inglés, con niveles de 1 a 5)

Esta variable describe la cantidad de luz a la que el árbol puede acceder, incluyendo todas las hojas que se encuentren por encima o por debajo del POM, independientemente de si están cubiertas por lianas o epífitos (Figura 5):

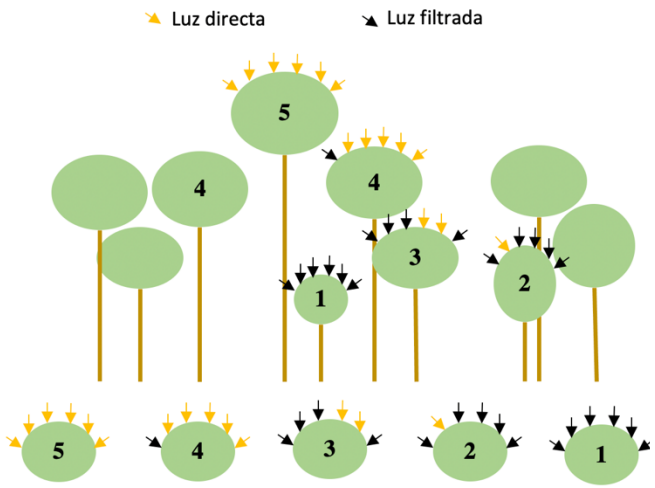


Figura 5. Esquema del índice de iluminación de copa (CI, por sus siglas en Inglés).

CI = 5: hojas completamente expuestas a luz vertical y lateral dentro de un cono invertido 90° que abarca la copa.

CI = 4: luz completa desde arriba que llega a ≥90% de la proyección vertical de la copa.

CI = 3: algo de luz desde arriba. 10-90% de la proyección vertical de la copa expuesta a luz vertical.

CI = 2: luz lateral. <10% de la proyección vertical de la copa expuesta a luz vertical, la copa recibe algo de luz directa solo lateralmente.

CI = 1: nada de luz directa (ni vertical ni lateral). La copa solo recibe luz filtrada a través de las copas o tallos de otros árboles.

Inclinación (°)

Desviación del tallo respecto a la vertical; ángulo medido en grados desde la base a través del POM (Figura 6).

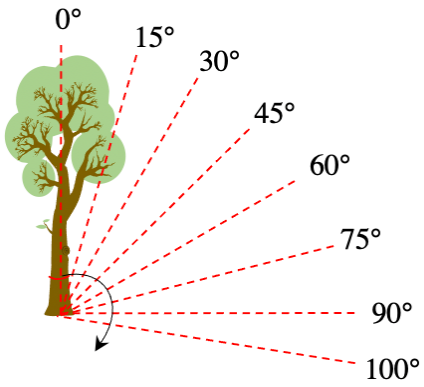


Figura 6. Grados de inclinación del tallo respecto a la vertical. Note que para árboles sobre el suelo en pendientes, la inclinación puede ser >90°. La inclinación se denota en la Figura con respecto a la linea roja punteada.

Si el tallo está muy curvado, se evalúa solamente en la parte basal, entre el punto de enraizamiento y el POM (ver caso 27 en Figura 10).

Lianas, estranguladores (L, S)

"Liana" se define en sentido amplio, e incluye cualquier liana, planta estranguladora o (hemi)epífita creciendo encima del tallo evaluado y que aparentemente puede afectar o competir con el árbol. Si la mitad o más de la copa está cubierta por 'lianas' (s.l.) anote "L". Si hay un estrangulamiento significativo por el tallo de la liana o de la especie estranguladora, de modo que se limita la expansión del *eje principal*, anote "S". Use ambos códigos si los dos aplican ("S, L").

Hongos (presencia/ausencia)

Chequear (√) si hay hongos visibles en el tronco que puedan afectar a la madera interna. No registre la presencia de hongos que viven superficialmente en la corteza o en líquenes en la corteza o las hojas.

Heridas en eje principal (niveles: 1 = pequeña, 2 = grande, 3 = masiva)

Registre la presencia y grado de daño en la madera o corteza en la superficie del *eje principal*, de modo que la madera interna **quede** expuesta. Se refiere a un daño sobre la longitud viva. No se refiere a las ramas (Figura 7). Tres niveles:

1 = daño pequeño, superficial, menor en área de dimensiones DBH × DBH.
2 = daño grande, mayor en área de dimensiones DBH × DBH, pero sin afectar >50% del área basal o de la longitud viva (i.e., superficial).
3 = herida masiva y/o profunda, afectando a >50% del área basal (i.e., una herida profunda y extensa; Figura 7c) o a >50% de la *longitud viva* del *tallo* (Figura 7d). Estos son casos en los que la rotura del tallo principal no es completa y la parte rota permanece aún conectada y viva; tallo dividido en dos longitudinalmente; otros casos en los que es casi sorprendente que el árbol permanezca vivo.

No registre troncos huecos o bases del tronco huecas. Use el campo de "comentarios" para eso.

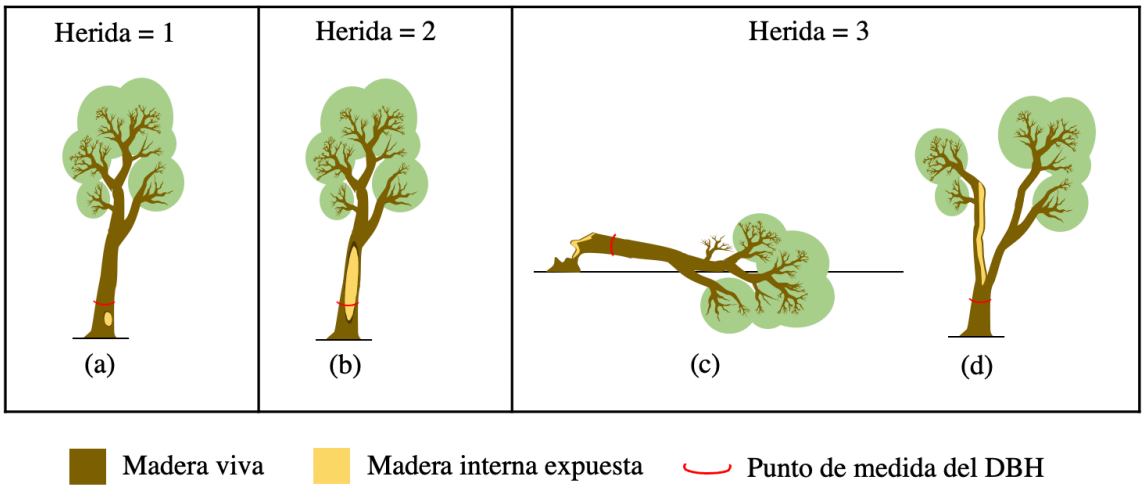


Figura 7. Niveles de *daño* evaluados sobre el eje principal: (a) menor en área que DBH × DBH; (b) mayor en área que DBH × DBH; (c) daño masivo afectando >50% del área basal; (d) daño masivo afectando >50% de la longitud viva del tallo. Areas representadas por madera interna se pueden usar como ejemplos para evaluar las variables de tumores y pudrición en el tronco explicadas abajo.

Tumor, bulto, deformidad (niveles: 1 = pequeña, 2 = grande, 3 = masiva)

Agallas, tumores o deformidades inmediatamente visibles que sugieran enfermedad o crecimiento anormal de algún tipo. No hay madera interna expuesta.

1 = deformidad pequeña, menor en área que DBH × DBH.
2 = deformidad grande, mayor en área que DBH × DBH.
3 = deformidad masiva, que afecta a >50% del área basal o a >50% de la longitud viva del tallo.

Tronco podrido (niveles: 1 = pequeña, 2 = grande, 3 = masiva)

Anotar cuando el proceso de descomposición es visible y está ocurriendo durante el muestreo, pero no si ocurrió en el pasado. Si la madera ya se ha podrido y ha desaparecido eso se podría considerar una herida, y se evaluaría en la columna de "Tronco herido". En otros casos la madera en descomposición desaparece y eso se podría registrar como un descenso en la longitud viva del eje principal, o se describiría con códigos específicos para troncos huecos.

1 = pequeña zona podrida, menor en área que un cuadrado DBH × DBH.
2 = gran zona podrida, mayor en área que un cuadrado DBH × DBH.
3 = pudrición masiva, >50% del área basal o >50% de la longitud total del tallo.

Hojas (%)

Si hay defoliación inmediatamente visible, estimar el % de hojas que permanece en el árbol. Esto aplica solamente a las ramas vivas, no a las ramas muertas o a partes del tallo que están muertas o que simplemente ya no están. A veces es difícil distinguir ramas muertas de ramas vivas sin hojas. Generalmente las ramas vivas tienen muchos tallos pequeños terminales, que desaparecen rápidamente cuando la rama muere (Figura 4). Para palmas, los campos "Hojas (%)" y "Copa restante dentro de la longitud viva (%)" son equivalentes.

Daño en hojas (presencia/ausencia)

Chequear (√) si, sobre las hojas que tenga el árbol, hay daños inmediatamente visibles correspondientes a >25% de pérdida de la lámina foliar (por herbivoría u otras causas), puntos, manchas, hongos foliares, etc. No registre daños leves en las hojas (los cuales son muy comunes en bosques naturales). Si observa ramas chamuscadas apicalmente, esto podría ser un síntoma de rayo (ver código "L" en el campo "comentarios").

Comentarios y otros indicadores

Anote cualquier información adicional sobre factores que usted estime puedan afectar negativamente al árbol o incrementar su probabilidad de muerte. Esto puede incluir comentarios específicos como estimaciones del tamaño de claros u observaciones únicas relacionadas con el estado del árbol. Cada sitio/estudio puede desarrollar sus propios códigos para eficiencia del muestreo siempre y cuando haya consistencia y una adecuada documentación. Algunos códigos son:

Animales. Si hay daño inmediatamente visible por animales, o estructuras de animales (e.g., nidos de hormigas o de termitas) que puedan comprometer el eje principal o ser un síntoma de mala salud.

L = 'lightning', rayo. Para identificar el efecto de rayos en los trópicos hay que buscar los siguientes síntomas: (1) puntos de salto de corriente entre ramas, visibles por mortalidad apical de ramas del árbol central y sus vecinos; (2) daño en las palmeras de alrededor, que aparentemente son muy sensibles; (3) marchitamiento de hemiepífitas; y (4) ennegrecimiento de epífitos.

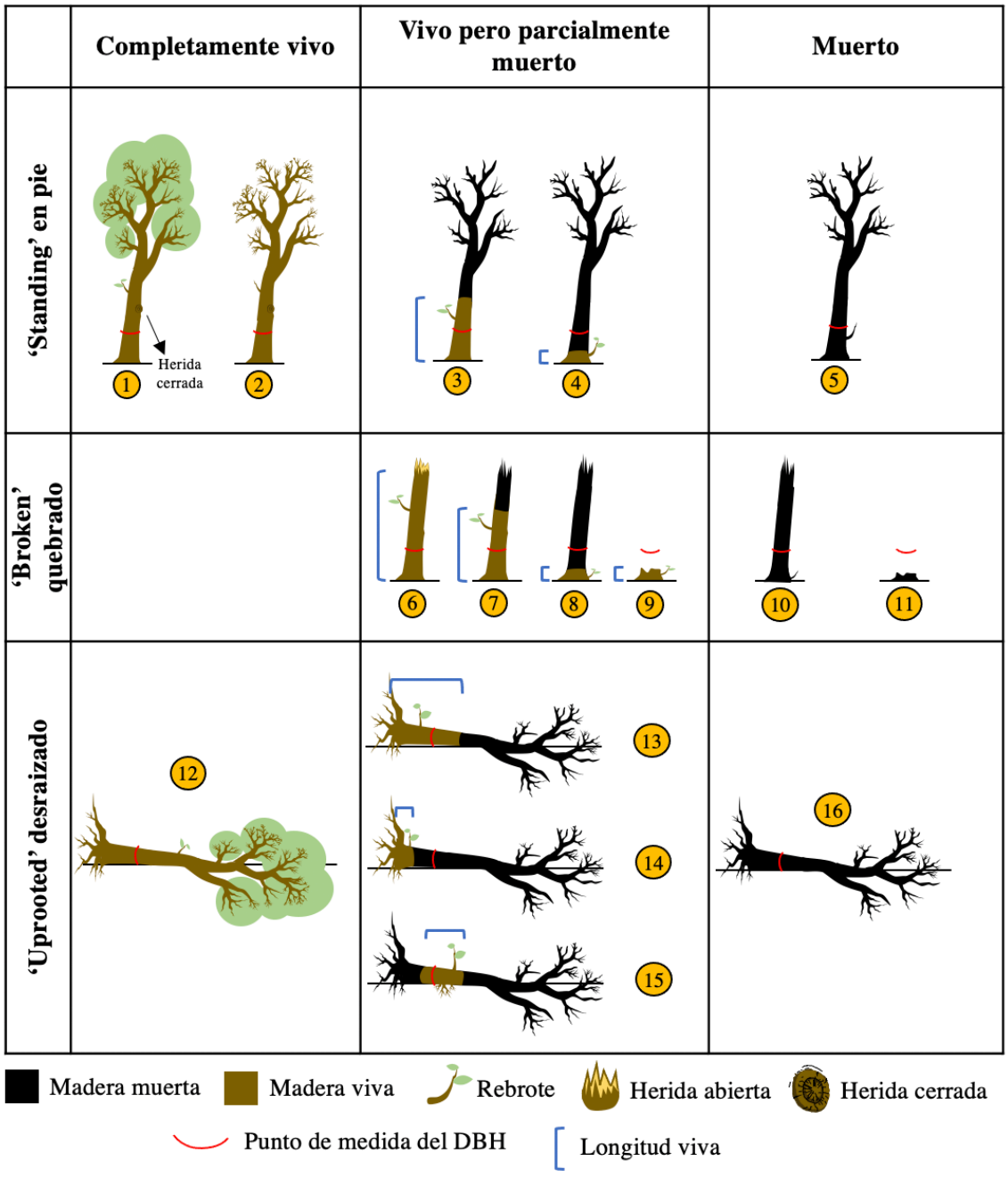
G = 'gap', claros, en general. Anotar la causa estimada de la perturbación.
F = 'fire', fuego. Tallo chamuscado, cicatrices por fuego en la corteza.
H = 'hollow', tallo hueco.
HB = 'hollow base', base hueca.
R = 'root damage', daño en raíz.
S = 'slope failure', un deslizamiento de tierras evidente, incluso aunque sea pequeño. Esto incluye tallos pequeños que están en la placa de suelo y raíces que han sido levantadas por un árbol grande desraizado.
W = 'wind-thrown', derribado por el viento (generalmente afecta a varios árboles).

Ejemplos con casos comunes y raros

La **Figura 8** resume los casos mas comunes y da ejemplos de como registrarlos con el objetivo de mejorar el entendimiento de las principales variables en este protocolo.
La **Figura 9** muestra como evaluar el porcentaje de copa remanente cuando la longitud viva varía.
La **Figura 10** muestra ejemplos y explicaciones para registrar casos particulares

Referencias

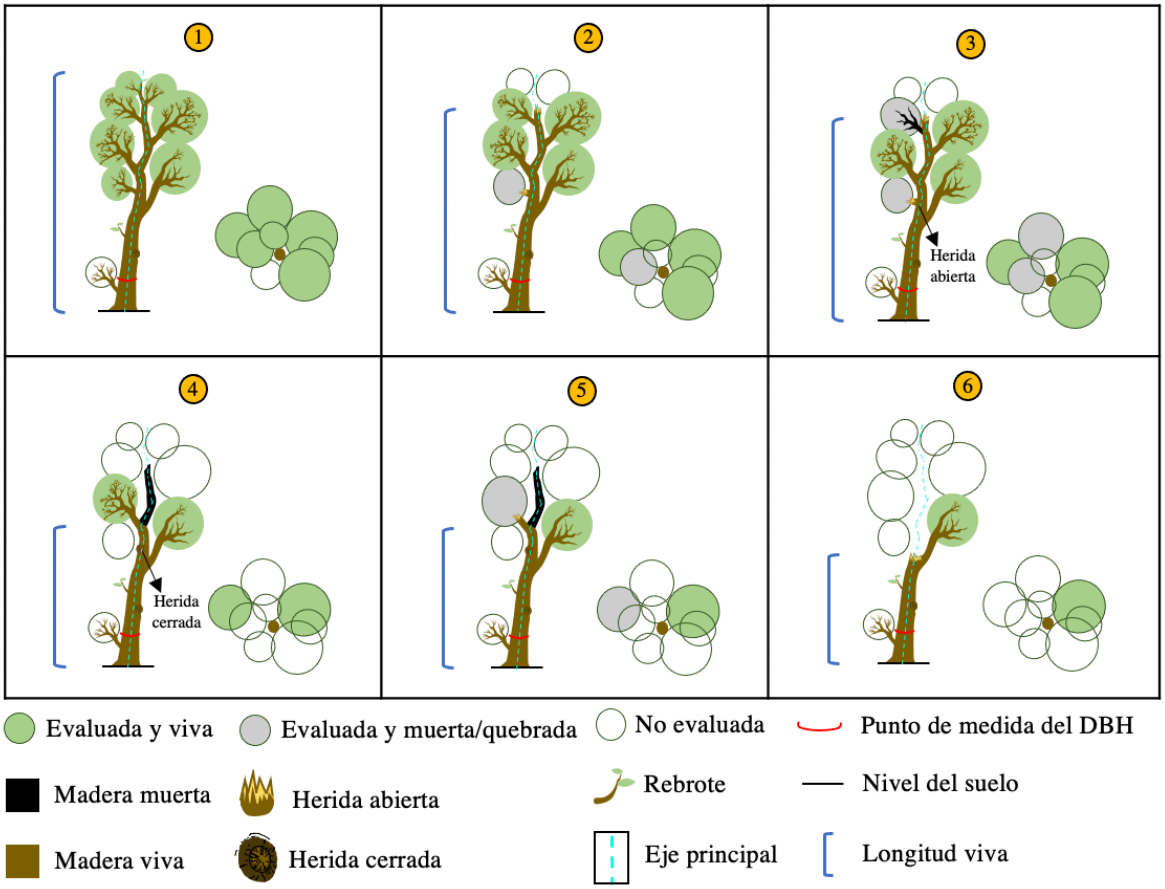
Arellano G., Zuleta D., & Davies S.J. 2021. Tree death and damage: a standardized protocol for frequent surveys in tropical forests. J. Veg. Sci. https://doi.org/10.1111/jvs.12981



Caso	Estado superv.	Modo	Long. viva
1	A	S	-
2	A	S	-
3	A	S	3
4	A	S	0.4
5	D	S	-
6	A	B	5
7	A	B	3
8	A	B	0.4

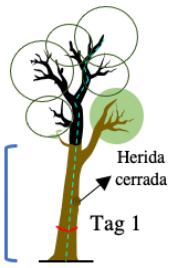
Caso	Estado superv.	Modo	Long. viva
9	A	B	0.4
10	D	B	-
11	D	B	-
12	A	U	-
13	A	U	5
14	A	U	0.4
15	A	U	1.5
16	D	U	-

Figura 8. Casos mas comunes registrados en el muestreo de mortalidad. Note que la longitud viva en un tallo (corchete azul abierto "[") puede ser mas grande que la altura del rebrote mas alto (e.g., caso 2, para un árbol completamente defoliado). La longitud viva en tallos "completamente" vivos se asume que es la altura total del tallo; en estos casos la longitud viva se obtiene de modelos alométricos para evitar estimarla en campo.



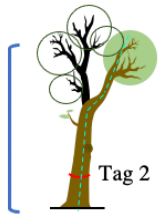
Caso	Estado superv.	Modo	Long. Viva (m)	Copa remanente (%)	Explicación
1	A	S	-	100	Típicamente registrado como 'Ok'. Long. viva "-" para indicar que está completa.
2	A	B	9	80	Ramas que estaban en la parte superior no son evaluadas porque no están dentro de la long. viva y su pérdida es considerada en la reducción long. viva.
3	A	B	9	60	Comparado con el caso 2, en este caso solo decreció el % copa por la pérdida de la rama superior.
4	A	B	6	100	El % de copa remanente está completo porque la única rama que se perdió dentro de la long. viva tiene una herida que está cerrada.
5	A	B	6	50	Copa = 50% porque una de las dos ramas esta quebrada.
6	A	B	3	100	Copa = 100% porque la long. viva se redujo, pero las ramas dentro de ésta (i.e., una) están vivas.

Figura 9. Evaluación del *% de copa restante dentro de la longitud viva*. Se presentan las proyecciones laterales y verticales en cada caso. Los círculos verdes corresponden a ramas vivas que son incluídas en la evaluación (i.e., están conectadas a la *longitud viva* del *eje principal* por encima del POM). Círculos grises corresponden a ramas muertas que permaneces conectadas al eje principal (ramas negras) o que cayeron recientemente (herida abierta). Círculos vacíos se refieren a las estructuras que no son evaluadas porque: (1) no están conectadas a la longitud viva del eje principal (ramas superiores en los casos 2-6), (2) no están conectadas a la longitud viva por encima del POM (rebrote conectado a la base del tronco en los casos 1-6), o (3) se quebraron en el pasado y han cerrado sus heridas (es decir, no cumple con nuestra definición de "daño"; casos 4 y 5). En los casos 2-6, las ramas por encima de la longitud viva no son evaluadas porque ya fueron descontadas por la reducción en la *longitud viva* del *eje* principal. Estructuras leñosas por debajo del POM que sean mas grandes que 1 cm en DBH serán evaluadas independientemente ya que tendrán una placa propia en la mayoría de inventarios forestales. Sin embargo, estas deben ser evaluadas en las secciones "índice de iluminación", "% hojas" y "Daño en hojas" (ver abajo). Note que las ramas muertas (en negro) no tienen pequeñas ramillas en las puntas; esta es una clave visual que ha demostrado ser útil durante el muestreo. En este ejemplo, todas las figuras reprensentan árboles con tamaños similares (~10 m de altura).



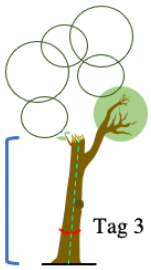
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
1	A	S	3	100

Eje principal en pie (S) y definido siguiendo el criterio "el más grueso". Ramas dentro de la longitud viva están vivas (solo una a la derecha). La herida cerrada no es considerada en la evaluación de copa remanente. El rebrote es una buena clave para identificar la longitud viva.



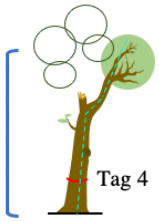
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
2	A	S	-	40

Eje principal en pie (S) y definido siguiendo el criterio "el más grueso". La longitud viva está completa; se registra como '-' porque se asumirá como la altura total en los análisis. Este tallo perdió una importante rama (~60% de las ramas dentro de la long. viva). La herida cerrada no es considerada en la evaluación de copa remanente (sucedió hace mucho).



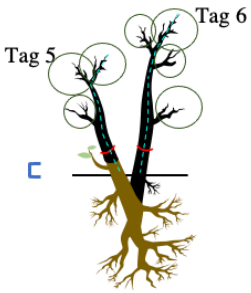
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
3	A	B	3	100

Eje principal quebrado (B) y definido siguiendo el criterio "el más grueso". Todas las ramas dentro de la longitud viva están vivas (copa 100%). La herida cerrada no es considerada en la evaluación de copa remanente



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
4	A	S	-	40

Eje principal en pie (S) y definido siguiendo el criterio "el más grueso". Longitud viva completa (eje principal no quebrado como en tallo #3). Este tallo perdió una importante rama (~60% de las ramas dentro de la long. viva). La herida cerrada no es considerada en la evaluación de copa remanente.



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
5	A	S	0.5	-
6	X	S	0	-

El rebrote es una buena señal para definir la longitud viva en el tallo #5. El tallo #6 es un tallo enteramente compuesto de tejidos muertos en un individuo vivo. Por definición, casos X tienen long. viva = 0 m, por lo que, en un sentido estricto, registrar '0' es redundante. Ambas long. vivas son <POM, por lo que "% de copa remanente" no aplica.

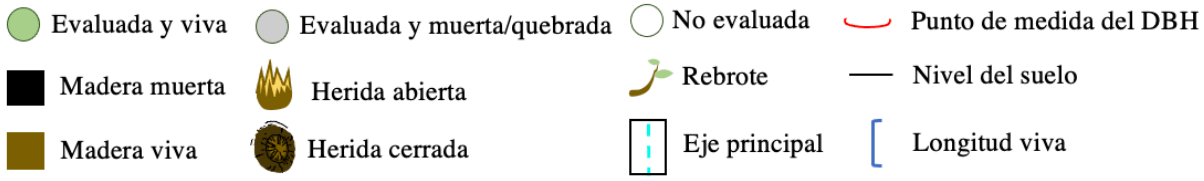
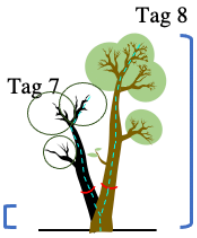
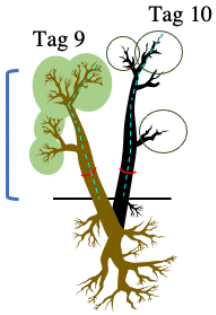


Figura 10. Ejemplo de casos particulares para rellenar las columnas principales del formulario de mortalidad y daño de árboles. Cada "tag" corresponde a un tallo en campo y a una fila en el formulario.



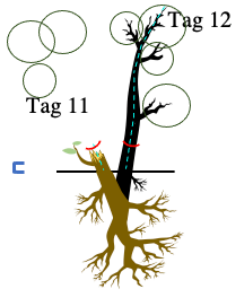
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
7	A	S	0.7	-
8	A	S	-	100

Tallo #7 no es un 'tallo compuesto de tejidos muertos en un individuo vivo' (status 'X'), porque tiene una long. viva > 0 (la proporción compartida con el tallo #8). La long. viva del tallo #8 está completa. El tallo #8 es usualmente registrado como 'OK'.



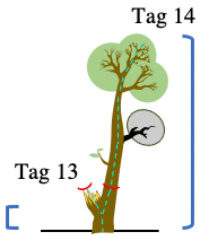
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
9	OK	-	-	-
10	X	S	0	-

Tallo #9 es exactamente igual en la primeras 4 variables al tallo #8; pero aquí, estamos usando el código 'OK' como un atajo para indicar que el tallo está en un individuo vivo, el eje principal está en pie (S pero no 'U' o 'B'), tiene long. viva completa, y 90% o más de su copa remanente. Note que '-' '% copa remanente' significa 'completa' en tallo #9 pero significa 'no aplica' en el tallo #10.



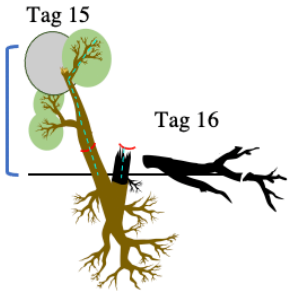
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
11	A	B	0.75	-
12	X	S	0	-

La única diferencia entre el tallo #11 y el tallo #5 es el modo.



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
13	A	B	0.75	-
14	A	S	-	75

El tallo #13 no es un 'tallo enteramente compuesto de tejidos muertos en un individuo vivo' (status 'X'), porque tiene una long. viva > 0 (la proporción compartida con el tallo #14). La diferencia entre el tallo #13 y el tallo #7 es el modo. Tallos #14 and #8 difieren en su % de copa remanente.



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
15	A	S	-	60
16	X	B	0	-

Comparado con el tallo #9, el tallo #15 no se considera 'OK' porque perdió una rama que representaba >10% de su copa (~40%). El tallo #16 es registrado con modo 'B' porque el tronco tiene astillas y los detritos aún están en el suelo poco fragmentados (claves para identificar disturbio externo).

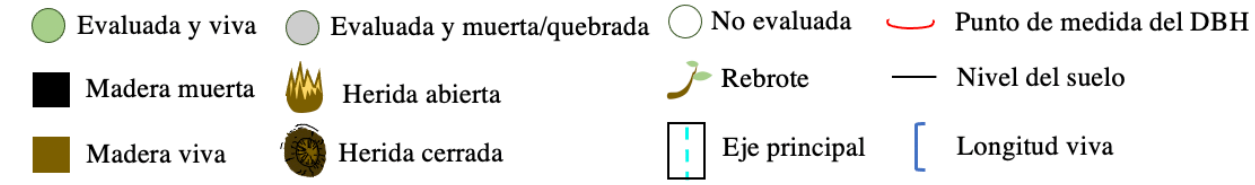
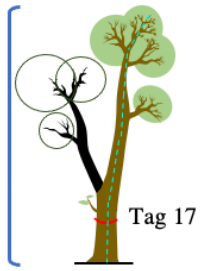
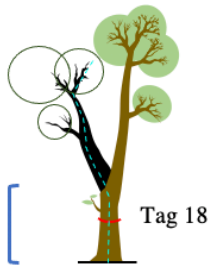


Figura 10. Continued…



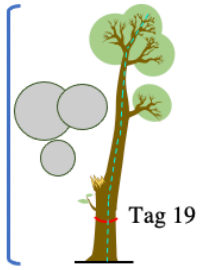
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
17	A	S	-	30

Eje principal en pie (S) y definido siguiendo el criterio "el más grueso", el cual es la sección **viva** desde la bifurcación. La long. viva está completa. El tallo perdió su rama más grande (~70%).



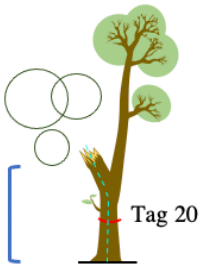
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
18	A	S	2	100

Eje principal en pie (S) y definido siguiendo el criterio "el más grueso", el cual es la sección **muerta** desde la bifurcación. Por esta razón, la long. viva es mas pequeña en el tallo #18 que en el tallo #17. A pesar de que la copa está completa (i.e., no hay señales de ramas perdidas dentro de la long. Viva por encima del POM), este tallo no puede ser considerado 'OK' porque su long. viva es incompleta.



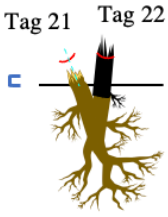
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
19	A	S	-	30

El tallo #19 es exactamente igual al tallo #17; la rama perdida representa la misma proporción sin importar si las ramas se encuentran muertas conectadas a la long. viva (tallo #17) o quebradas(tallo #19).



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
20	A	B	3	100

El tallo #20 solo difiere del tallo #18 en el modo y en la long. viva. Nótese, además, la diferencia con el individuo de tallo #19.



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
21	A	B	0.3	-
22	X	B	0	-

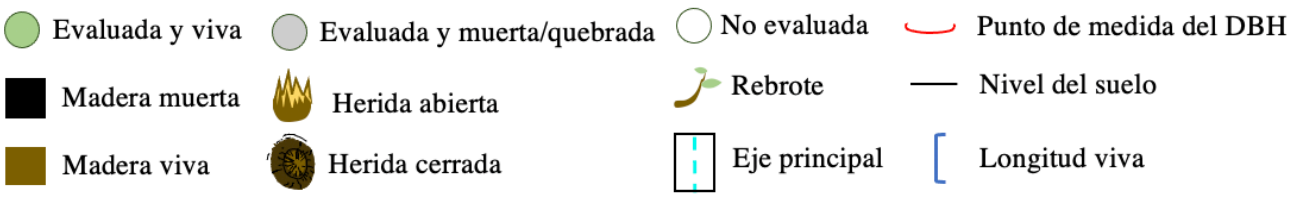
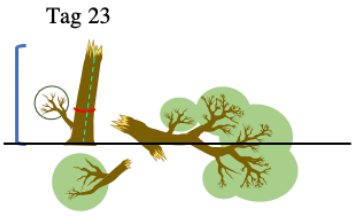
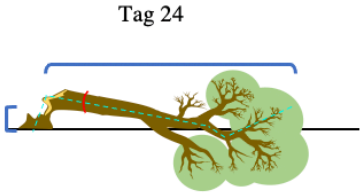


Figura 10. Continued…



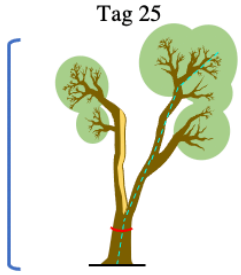
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
23	A	B	3	-

La copa remanente es '-' porque no hay ramas dentro de la long. viva por encima del POM. Ramas por debajo del POM no son consideradas para la evaluación del % de copa remanente, pero **sí** lo son para el índice de iluminación, % de hojas y el daño en hojas.



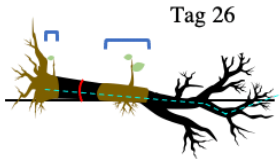
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)	Tronco herido
24	A	S	-	-	3

El modo es 'S' porque la long. viva está completa. Este daño masivo es generalmente causado por la caída de otro árbol o una rama grande que cae justo en la base del tronco. Si la causa es conocida, debe ser registrado en el campo 'comentarios'.



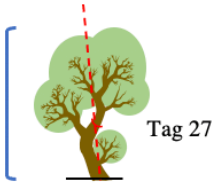
'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)	Tronco herido
25	A	S	-	-	3

Similar al tallo #24 pero con causas probablemente diferentes. Además de la caída de otros árboles o ramas, este daño masivo también puede ser causado por rayos.



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)
26	A	U	0.3 + 1.5	-

La long. viva es evaluada como la suma de ambas secciones vivas independientemente de como estén distribuidas a lo largo del eje principal. En este caso, ésta es estimada como 0.3m (en la base) + 1.5m (en la mitad).



'Tag' tallo	Estado superv.	Modo	Long. viva (m)	Copa remanente (%)	Inclinación
27	A	S	-	100	5

La desviación del eje principal con respecto a la vertical (inclinación) se evalúa basado en la línea vertical proyectada entre la base del tallo y el POM (línea roja). Por tanto, la inclinación es de 5° en este tallo curvo.

Figura 10. Continuación…