



2022  
Lleida

27·1  
junio · juny  
julio · juliol

Cataluña  
Catalunya

## 8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
**Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022**  
**ISBN 978-84-941695-6-4**  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



## Propuesta metodológica de cálculo del nivel de abandono forestal de tierras

GARCÍA SAAVEDRA, N. O.<sup>1</sup>, BRUÑA GARCÍA, X.<sup>2</sup>, MAREY PÉREZ, M. F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tenzas, Enxeñería e Asesoramento Legal, S.L.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación PROePLA (GI-1716) <http://proepla.com>, Escola Politécnica Superior de Ingeniería Universidad de Santiago de Compostela.

### Resumen

La definición de abandono de tierras es un tema complejo en el que intervienen una amplia variedad de factores, tanto político-sociales, como económicos y medioambientales. Llevamos años estudiando este fenómeno y relacionándolo con otros factores, que están causando importantes problemas en el medio rural, como son el envejecimiento de la población, el despoblamiento, el minifundio, el abandono de las explotaciones agroganaderas o los cambios de usos de las tierras de agrícola a forestal.

En la actualidad el agravamiento de los problemas antes señalados nos está llevando a que el uso forestal, que antes era una opción de aprovechamiento del terreno para propietarios ausentes o al menos desconectados de la actividad agroganadera, también se ve afectado por el abandono, pudiendo verse cada vez más terrenos forestales que han dejado de gestionarse.

Para enfrentar el problema del abandono de tierras forestales, y poder hacer un diagnóstico de este, necesitamos ser capaces de definir en qué zonas se está dando este problema y en qué grado. En este trabajo se propondrá una metodología para determinar el grado de gestión forestal sostenible alcanzado en un terreno forestal, y con ello y de forma antagónica poder determinar el grado de abandono forestal.

### Palabras clave

Abandono de tierras forestales, gestión forestal sostenible, abandono rural, métodos de análisis multicriterio.

## 1. Introducción

La definición de los conceptos de abandono de tierras o tierras abandonadas es un tema complejo, puesto que estamos hablando de un problema multidimensional, donde intervienen factores sociales, económicos, tecnológicos o incluso cuestiones políticas (CORBELLE-RICO, 2014).

Existen numerosos estudios sobre el tema de abandono de tierras CERDÁ (2003); DUNJÓ et al (2003), FERNÁNDEZ-NOGUEIRA and CORBELLE-RICO, 2018), y en todos ellos el término aparece ligado al abandono de la superficie utilizada por la agricultura, proceso inevitablemente ligado al cierre de explotaciones agrarias, el envejecimiento y disminución de la población rural y la mayor incidencia y virulencia de los incendios forestales.

Cuando hablamos de abandono de tierras, el término suele estar relacionado con el abandono de tierras agrarias, de hecho, el uso forestal de las tierras abandonadas aparece como una causa del abandono de tierras agrarias, o cuando menos como un uso que compite con el uso agrario-ganadero, que se da en los predios que debido al cierre de las explotaciones agrarias abandonan la actividad (LÓPEZ IGLESIAS, 1996). No parece existir siquiera una posición clara respecto a si la alternativa de la reforestación de las superficies abandonadas pudiese llegar a ser una posible alternativa al abandono o retroceso de suelo agrario (GELLRICH et al, 2007), o si bien la reforestación de suelos abandonados con fines comerciales, más allá de considerarse una oportunidad, no constituye una alternativa con visos razonables de prosperar (MURUA, J.R. et al, 2012).

En este sentido existen numerosos artículos que analizan y definen el término acuñado como transición forestal, en los que se ve como el concepto ha ido evolucionando desde que en 1992 Mather lo acuñara usando para definir el concepto los datos existentes sobre incrementos netos de superficie forestal de varios países desarrollados (MATHER, 1992). En los años 90 el concepto de transición forestal se va complicando, se buscan las causas explicativas del inicio de la transición forestal, en la agricultura y su modernización, dando especial importancia a la hora de explicar el surgimiento del fenómeno al establecimiento de políticas forestales favorables a la regeneración y manejo sostenible de los bosques y no solo a las políticas de replantación (GRAINGER and MALAYANG, 2006). Posteriormente se ha discutido sobre los atributos de la superficie arbolada, proponiendo que a la hora de determinar la superficie en la que se había dado el proceso de transición forestal, se debían medir no solo la superficie ocupada por bosque, sino que también se debían considerar otros atributos de las formaciones forestales como el volumen de crecimiento de los árboles en metros cúbicos, la cantidad de biomasa concentrada por metro cúbico o la capacidad de concentración de carbono del bosque (KAUPPI et al, 2008).

En otros casos se ha planteado la cuestión como un problema de competencia por los usos de la tierra en la que los usos que finalmente acaban imponiéndose (agrarios o forestales) serían el resultado del diferente valor que adquiere la tierra en función de la demanda de productos (BARBIER et al. 2010). También se ha analizado como las políticas forestales han influido en el desarrollo de la transición (MAREY-PÉREZ, M.F., 2009) e incluso se ha discutido sobre la influencia del productivismo dentro del sector forestal en los procesos de expansión de la cubierta arbolada asociados a la ausencia de gestión (CORBELLE, 2018).

A la hora de definir el concepto de abandono de tierras también se ha discutido sobre el enfoque temporal (estático vs dinámico) del mismo (CORBELLE, 2014), en este sentido debemos de tener en cuenta que el cambio cara a un uso forestal de una parcela agrícola abandonada suele darse de forma espontánea, puesto que transcurrido un tiempo desde el cese de las actividades, los terrenos agrícolas abandonados comienzan a ser colonizados por la vegetación espontánea siguiendo una progresión que comienza con formaciones de especies herbáceas y de matorral y que, en ausencia de perturbaciones externas, puede llegar a formar masas arbóreas de regeneración natural (PRÉVOSTO and RIPERT, 2006). La rapidez con que se produce esta sucesión depende de factores relacionados con la calidad del terreno, el clima, con la proximidad de otras formaciones vegetales y con la actividad agrícola previa, entre otros (SLUITER and JONG, 2007).

Existe pues bibliografía sobre al abandono de tierras agrarias e incluso sobre la transición de terrenos agrícolas a forestales, pero muy poco sobre el abandono de tierras forestales y sobre cuando debemos considerar si un terreno forestal está abandonado. En todo caso, al igual que ocurría con el abandono de tierras agrarias, para abordar el estudio del abandono de tierras forestales no debemos basarnos exclusivamente en la determinación de un cierto período de años en los que cese la actividad, sino que debemos entender este concepto como la ausencia de planificación en la gestión forestal, la no aplicación de un determinado modelo silvícola. Es decir, se debería considerar que el grado de abandono de tierras forestales será mayor cuanto menor sea el grado de gestión forestal sostenible alcanzado.

La estrategia forestal europea (STRATEGY, 2013) establece una visión y unas acciones concretas para aumentar la cantidad y calidad de los bosques en la unión europea y para reforzar su protección, su restauración y su resiliencia. Este aumento de la cantidad y calidad de los bosques lleva pues implícito una necesidad de aumentar la superficie forestal donde se lleve a cabo una gestión forestal sostenible y por lo tanto actividades forestales respetuosas con el medioambiente y socialmente beneficiosas. En este punto deberíamos de ser capaces dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿podemos llegar a determinar en qué medida un monte se está gestionando adecuadamente? El proceso *Forest Europe*, MCPFE, promueve la protección de los bosques y la gestión forestal sostenible en el ámbito pana-europeo (RAMETSTEINER and MAYER, 2004).

El uso de criterios e indicadores para evaluar como medir el grado de gestión forestal alcanzado ha ido creciendo desde la Cumbre de la Tierra en 1992, pasando por once procesos

intergubernamentales, regionales e internacionales, considerándose hoy en día un método internacionalmente reconocido a tal fin (LINSER et al, 2018).

El primer conjunto de Criterios e Indicadores Pana-europeos, fue aprobado en la Conferencia ministerial de Lisboa, en 1998, siendo mejorados posteriormente durante la Conferencia Ministerial de Viena, en 2003. La última actualización fue desarrollada durante la declaración Interministerial de Madrid, en el 2015, llegando a la relación que manejamos en la actualidad compuesta por 6 criterios y 45 indicadores, 34 de ellos cuantitativos y 11 cualitativos. Los criterios e indicadores se han usado y se usan en la actualidad para determinar si en una determinada unidad de gestión se está llevando una gestión forestal sostenible. Esta herramienta se ha desarrollado en las normas y estándares de certificación de los dos sistemas de certificación forestal internacionalmente reconocidos, PEFC y FSC. En ambos sistemas las normas y estándares nacionales, basándose en unos criterios definidos internacionalmente, proponen indicadores que desarrollan esos criterios para adaptarlos a la realidad y normativa nacional, identificando incluso posibles verificadores que ayudarán a los usuarios del sistema a cuantificar si ese indicador se está cumpliendo en una determinada unidad de gestión y en qué grado lo hace. A pesar de que estas normas y estándares nos permitirían realizar una valoración de cada uno de estos indicadores por separado, empleando para ello de entre los parámetros propuestos en la norma, el que más se adapte a la información disponible para el gestor, lo cierto es que no existen un método que permita calcular el valor de cada uno de estos indicadores en función del nivel de sostenibilidad en la gestión forestal de una determinada unidad de gestión forestal.

Hasta la actualidad se han propuesto una amplia variedad de métodos de análisis multicriterio específicos para la evaluación de la sostenibilidad forestal (MENDOZA et al.,2000; MROSEK et al.,2004, JALILOVA et al., 2012, BARBATI et al., 2013), siendo el más empleado el método denominado Proceso Jerárquico Analítico y los métodos multicriterio para la agregación de estos (MENDOZA et al, 2006; BAYCHEVA-MERGER et al, 2015; BILBAO-TEROL et al, 2014; J. DIAZ-BALTEIRO et al, 2016) sin embargo, falta por determinar un método que nos ayude a valorar cualitativa y cuantitativamente cada uno de los indicadores de sostenibilidad forestal teniendo en cuenta que dicha sostenibilidad debe pasar por la evaluación de la gestión forestal (FARELL et al, 2000).

## 2.Objetivos

En este trabajo se presenta una metodología de cálculo para determinar un mapa del nivel de gestión de tierras forestales, en el que se aporte un gradiente del nivel de abandono. Se considera un terreno forestal está abandonado cuando no se está gestionando de forma sostenible, es decir, cuando las actividades forestales realizadas en la zona no aportan beneficios sociales, ambientales ni económicos y al mismo tiempo no se mejoran las funciones del bosque ni en la actualidad ni en el futuro. Consideramos una definición metodológica de abandono forestal en antítesis de la definición de gestión forestal sostenible. En consecuencia, para medir el grado de abandono de un bosque o un terreno forestal bastaría con poder medir el nivel de sostenibilidad alcanzado en esa superficie.

El objetivo de esta comunicación es sentar las bases de una metodología de cálculo que permita estimar el valor de los indicadores paneuropeos de gestión forestal sostenible, para con ello poder llegar a valorar el nivel de abandono forestal de un determinado bosque, o territorio forestal.

## 3.Metodología

Una vez concluimos la relación entre el abandono de tierras agrarias y la ausencia de actividades de gestión forestal o cuando menos de una gestión forestal que no presente un grado de sostenibilidad adecuado al territorio forestal gestionado, para poder determinar una propuesta metodológica de cálculo del nivel de abandono de un terreno forestal, podemos en sentido opuesto calcular el grado de sostenibilidad conseguido en las actividades de gestión forestal realizadas.

La gestión forestal sostenible se basa en la adopción de un conjunto de principios y criterios de sostenibilidad a los que están asociados unos indicadores que proporcionan información sobre el estado actual y las tendencias del bosque y su gestión a lo largo del tiempo.

Un conocimiento profundo de los conceptos de criterios e indicadores es un prerrequisito para el desarrollo e implementación de los indicadores (CBD, 2001). Sin embargo, siguen existiendo diferentes definiciones sobre que es un indicador o un criterio (MEZA, 2005). En la norma “UNE 162001:2013 Gestión forestal sostenible. Vocabulario, terminología y definiciones” se define el término indicador como un parámetro cuantitativo, descriptivo o mixto que al quedar sujeto a seguimiento de forma periódica muestra el sentido del cambio. Debemos pues a la hora de cuantificar un indicador, aportar un valor bien numérico o cualitativo, que tendremos que determinar a partir de la información existente.

Hoy en día existen una amplia experiencia en la determinación de indicadores pana-europeos de gestión forestal sostenible, puesto que las superficies forestales que cuentan con un certificado PEFC de gestión forestal sostenible, previamente han tenido que ser objeto de un análisis del territorio en base al cual se han valorado cada uno de los criterios e indicadores pana-europeos.

En España los 45 indicadores aprobados durante la declaración Interministerial de Madrid están definidos han sido desarrollados en la norma “UNE 162002. Gestión forestal sostenible. Criterios e indicadores”. En esta norma se aporta el objetivo o meta que se persigue con la consecución de cada uno de los indicadores, así como los posibles parámetros en base a los cuales podemos determinar el valor de los indicadores y las distintas fuentes de información con las que contamos. Como vemos la aplicación de la norma nos permite la valoración de cada uno de los indicadores, aportando un valor que puede ser cuantitativo o cualitativo, pero al contar cada uno de ellos con parámetros de cálculo distintos, nunca podríamos llegar a un valor conjunto del grado de sostenibilidad forestal de un determinado bosque.

Este mismo problema se da en las evaluaciones ambientales, si bien en este ámbito han resuelto el problema mediante el cálculo de las “funciones de transformación”, que permitan comparar las valoraciones de indicadores con diferentes escalas de medida (PUGA, 2001; GOMEZ-OREA and VILLARINO, 2013). Una vez obtenidos los parámetros que responden a las exigencias planteadas en cada uno de los indicadores, sus valores se transformarán en unidades conmensurables y por tanto mensurables mediante funciones de transformación (GARMENDIA et al. 2008). Las medidas de cada parámetro en sus unidades características inconmensurables, se trasladan en una escala de puntuación de 0 a 1, que representa el índice de gestión forestal sostenible, en unidades conmensurables

Existe la posibilidad de utilizar funciones de transformación genéricas sin embargo, dado la dificultad que a veces plantea la adaptación de los indicadores a estas funciones pre establecidas, se ha optado por proponer el método más flexible, que nos permite llegar a un valor de la ecuación tanto en el caso de indicadores cuantitativos como cualitativos.

A la hora de la definición de las funciones de transformación resulta muy importante la elección de los puntos de máxima y mínima transformación. Dependiendo de la elección de las abscisas de máxima y mínima satisfacción ( $X_{max}$  y  $X_{min}$ ) los valores de cada uno de los indicadores pueden variar de forma considerable llegándose a diluir ciertos resultados. Para determinar los puntos de mínima y máxima satisfacción debemos de ayudarnos, considerando los siguientes aspectos:

- Utilizar la normativa vigente: en muchos indicadores utilizados existe una normativa que fija el mínimo o el máximo de los indicadores elegidos.
- Según la estrategia y/o la experiencia del gestor.
- Comparación entre alternativas. Si el rango  $X_{max}$  y  $X_{min}$  es mucho mayor que el rango de resultados, todas las alternativas quedan valoradas de forma parecida.

A La hora de seleccionar la forma que debe adoptar la función de transformación, si consideramos como formas principales la forma en S, la forma convexa, la forma cóncava y la lineal debemos considerar los siguientes aspectos:

- *Funciones de transformación en S*: esta forma de la función de transformación es la más genérica. El incremento o disminución de la satisfacción se detecta significativamente en los valores centrales (figura 1).

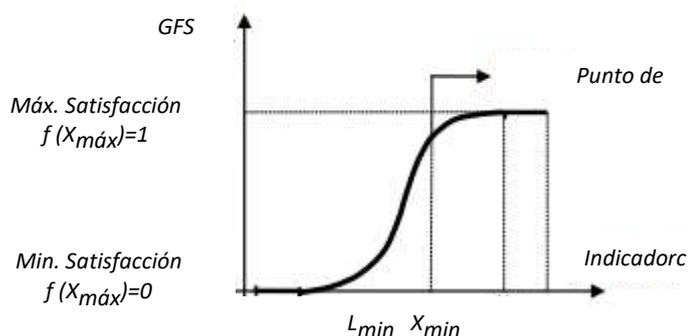


Figura 1. Ejemplo de función de transformación en S.

- *Funciones de transformación convexas*: es el caso de función de transformación creciente, esta forma de la función se utiliza cuando la satisfacción (valor en ordenadas) aumenta o disminuye mucho más cuando el aumento o disminución de la variable del indicador está más cercana a los valores de  $X_{mín}$ . En el caso de la función de transformación decreciente sucede justo, al contrario, la satisfacción aumenta o disminuye mucho más cuando la disminución o el aumento de la variable del indicador está más cerca de los valores de  $X_{máx}$  (figura 2)

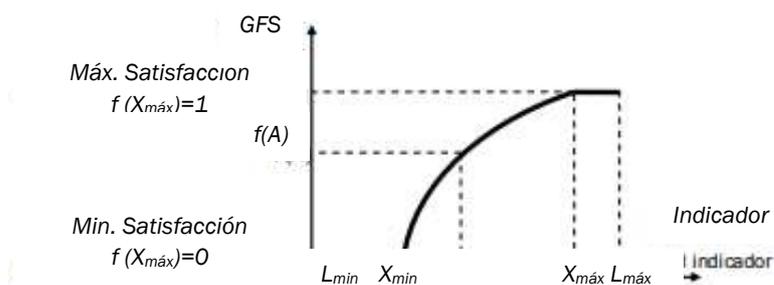


Figura 2. Ejemplo de función de transformación convexa

- *Funciones de transformación cóncavas*: para funciones de transformación crecientes, la satisfacción (valor en las ordenadas) aumenta o disminuye mucho más cuando el aumento o disminución de la variable del indicador está más cercana a los valores de  $X_{máx}$ . En el caso de función de valor decreciente, sucede lo contrario, la satisfacción aumenta o disminuye mucho más cuando la disminución o el aumento de la variable del indicador está más cerca de los valores de  $X_{mín}$ .

Este tipo de función de transformación se suele utilizar cuando la mayoría de las cuantificaciones el indicador para las diferentes alternativas se sitúa cerca de  $X_{máx}$  para funciones crecientes y  $X_{mín}$  para funciones decrecientes, pero sin llegar a alcanzarlos. De esta forma, se intenta que la cuantificación del indicador aumente (función creciente) o disminuya (función decreciente) para que, el valor del indicador aumente de forma considerable (figura 3).

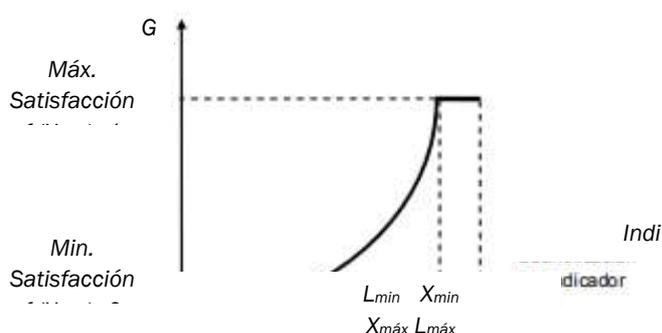


Figura 3. Ejemplo de función de transformación cóncava.

- **Funciones de transformación Lineales:** esta función de transformación representa que cuando existe un incremento o disminución de la variable del indicador, el nivel de gestión sostenible aumenta o disminuye por igual independientemente del punto de la abscisa. Este tipo de función podría considerarse como la función en S eliminando la parte inicial y final de la función, es decir la zona donde la función tiene una forma cóncava y convexa más marcada (figura 4).

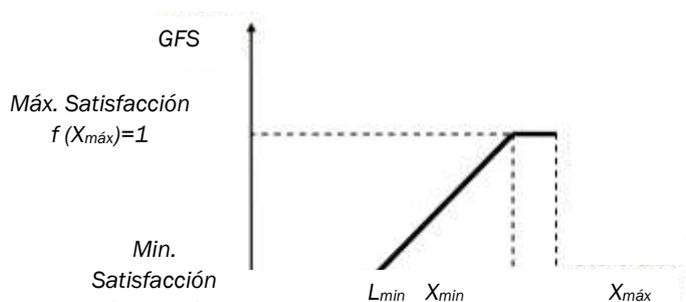


Figura 4. Ejemplo de función de transformación lineal.

Una vez resuelta la ecuación a plantear para cada indicador, y con ello la función de transformación seleccionada; para la fase de valoración de los indicadores, se plantean fichas en hojas de cálculo que contendrán una función de valor para cada uno de los indicadores (tabla 1). Estas funciones de valor, que varían entre 0 y 1 en el eje de ordenadas, representan el estado de valoración nula o valoración máxima, respectivamente, para cada uno de los indicadores propuestos. En el eje de abscisas se encuentra la variable del indicador. Cada ficha incluye la definición del indicador, su función de transformación, etc. En la figura 5 se incluye un ejemplo de la ficha de un indicador.

nº indicador	3.3	Func. transf	CA=2E-02I	0<I<50
Indicador	% de la producción sometida a pastoreo		CA=I	50<I<60
Fórmula del indicador	$\frac{\text{cargapastante}}{\text{pdontotal}} \times 100$		CA=-3,33E-0,2I+3	60<I<90
Unidad del indicador	%		Valor indicador	80
Rango de valores del indicador	0-90		Valor GFS	0,336
Tipo de indicador	2(T=0,25)			

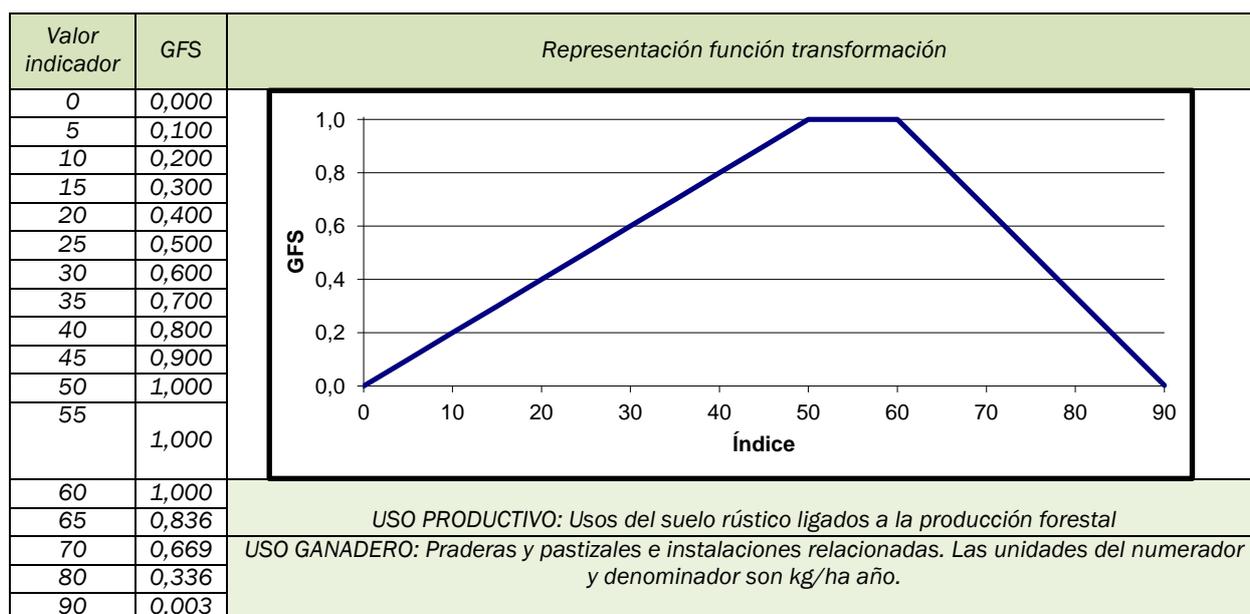


Figura 5. Ejemplo de hoja de cálculo para un indicador.

En la parte superior de cada ficha se reflejará una definición sucinta del objetivo a cuantificar en cada uno de los indicadores, así como la fórmula general que refleja el concepto que estamos cuantificando, la unidad de medida del indicador (parámetro) el rango de valores en los que se mueve el indicador y el tipo de indicador. La evolución gráfica de esa fórmula puede ser constante en todo el rango de valores que abarca el indicador desde un nivel de gestión forestal sostenible nulo (GFS=0) a un nivel de gestión forestal sostenible óptimo (GFS=1) o bien responder a evoluciones distintas en cada uno de los tramos del indicador. Estas variaciones se indican en las columnas C-D-E de la primera parte de la ficha de Excel.

La parte inferior de las fichas se reservan para la representación de la función de transformación. En esta parte se aporta tanto una tabla en la que se pueden comprobar los valores numéricos del indicador en toda la evolución sufrida desde un nivel de gestión forestal sostenible inexistente a un nivel óptimo, como la representación gráfica de la misma.

#### 4. Resultados

El primer resultado de esta comunicación es sin duda la definición del concepto de abandono de tierras forestales como antítesis del nivel óptimo de sostenibilidad de la gestión forestal realizada. En base a esta definición se sientan las bases de la metodología a emplear para determinar el nivel de abandono de un terreno forestal, en contraposición al cálculo de la sostenibilidad alcanzada en la gestión forestal llevada a cabo en ese terreno.

Hoy en día resulta reconocido que la herramienta que debemos utilizar para evaluar la sostenibilidad de la gestión forestal de un bosque son los criterios e indicadores pana-europeos. La norma que desarrolla estos C&I en España es la UNE 16002, en esta norma se aporta una descripción de todos los indicadores especificando si son del tipo cuantitativo, cualitativo o mixto, al mismo tiempo que se hace referencia a los parámetros con que se deben expresar las valoraciones de los indicadores y se aporta una lista de fuentes de información que podemos utilizar para cuantificarlos.

Para que la metodología de cálculo sea aplicable a todo el territorio, se debe definir una unidad territorial para la cual se puedan encontrar fuentes de información y esa unidad territorial debe ser la parcela catastral. Teniendo en cuenta este aspecto, se ha filtrado la lista de los 45 indicadores de la Declaración Ministerial de Madrid, para seleccionar los indicadores de los que se puede llegar a disponer datos a nivel de parcela; resultando un total de 19 indicadores (tabla 1).

En la tabla 1 se muestran los indicadores seleccionados, uel parámetro a analizar en cada uno de ellos y la relación de magnitudes que se ha de definir mediante la función de transformación:

Tabla 1. Listado de indicadores de sostenibilidad en la gestión forestal.

INDICADOR A NIVEL PARCELA	UDS	FUNCIÓN DE TRANSFORMACIÓN
1.1. SUPERFICIE FORESTAL	% ha	$f = S_F / S_T$
1.2. EXISTENCIAS	% m <sup>3</sup>	$f = V_f / V_t$
1.3. CARBONO	t	$f = m^3_{\text{madera en rollo}} / m^3_{\text{corta final}}$
2.4. DAÑOS FORESTALES	%	$f = S_{\text{dañada}} / S_{\text{total}}$
3.1. CRECIMIENTO Y CORTAS	% m <sup>3</sup> /año	$f = m^3_{\text{extraído}} / IAVC$
3.2. MADERA EN ROLLO	% €/ ha. año	$f = m^3_{\text{madera rollo}} / m^3_{\text{totales a extraer}}$
3.3. PRODUCTOS NO MADEREROS	% t <sub>m.s.</sub>	$f = PDON_{\text{no maderera}} / PDON_{\text{total}}$
4.1 DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE ARBOLES	% ha	$f = S_{\text{rodal multiespecies}} / S_{\text{total}}$
4.2. REGENERACIÓN	% ha	$f = S_{\text{regeneración natural}} / S_{\text{total}}$
4.3. ESPECIES FORESTALES INTRODUCIDAS	% ha	$f = S_{\text{spp forestales introducidas}} / S_{\text{total}}$
4.5. RECURSOS GENÉTICOS	% m <sup>3</sup> /año	$f = m^3_{\text{madera muerta}} / m^3_{\text{totales}}$
4.7. FRAGMENTACIÓN FORESTAL	ha	$f = -\text{coef} \times S$
4.9. SUPERFICIE FORESTAL PROTEGIDA	% ha	$f = S_{\text{protegida}} / S_{\text{total}}$
5.1. BOSQUES PROTECTORES	% ha	$f = S_{\text{bosque protector}} / S_{\text{total}}$
6.1. PROPIEDAD FORESTAL	% ha	$f = S_{\text{conflicto}} / S_{\text{total}}$
6.3. INGRESOS NETOS	% €/ ha. año	$f = \text{Ingresos anuales netos} / \text{Ingresos teóricos anuales}$
6.4. INVERSIÓN EN BOSQUES Y SILVICULTURA	% €/ ha. año	$f = \text{Inversión anual} / \text{Inversión teórica anuales}$
6.6. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	Ratio cambio	$f = \square \text{ N}^{\circ} \text{accidentes} / 1000 \text{ obreros}$
6.10. USO RECREATIVO EN BOSQUES	% ha	$f = S_{\text{recreativa}} / S_{\text{total}}$

Para poder definir la evolución de cada uno de los indicadores seleccionados en función del nivel de sostenibilidad de cada parcela, de forma que el resultado obtenido sea agregable a pesar de ser expresado en diferentes escalas de medida, se ha de estimar la función de transformación que define la evolución de cada uno de los indicadores planteados. A la hora de definir la función de transformación de cada uno de los indicadores se deberá hacer una profunda reflexión, para determinar la forma base que ha de describir la ecuación de transformación (en S, cóncava, convexa o lineal), el rango de aplicación de este (el valor máximo y mínimo de la coordenada X) y el punto de saturación.

Para poder completar la valoración de los indicadores para los cuales dispondremos de información a nivel de parcela cubriremos una ficha de Excel (Figura 5), indicando el parámetro seleccionado para medir cada indicador y el rango que tomará desde un nivel de GFS nulo a un nivel de GFS óptimo. Una vez determinado el valor del indicador para cada uno de los niveles de sostenibilidad de 0 a 1, definidos en rangos de 0,2 unidades, se podrá definir la gráfica de la función de transformación que describe la evolución de cada uno de los indicadores de gestión forestal sostenible descritos. De esta forma se plantea una metodología de cálculo que nos permitirá valorar cada uno de los indicadores pana-europeos seleccionados para los distintos grados de sostenibilidad de la gestión forestal llevada a cabo en un terreno forestal, lo que supone un primer paso para poder crear una metodología de cálculo del nivel de abandono forestal de nuestro territorio.

## 5. Discusión

El fenómeno del abandono de tierras, hasta el momento, siempre ha estado vinculado al cierre de las explotaciones agroganaderas y al abandono de las tierras agrarias que llevaba implícito este cierre; el aumento de la superficie forestal que se ha dado en los últimos años en varios países de la Unión Europea, la “transición forestal”, se ha estudiado como un fenómeno asociado a las plantaciones forestales realizadas en estos terrenos agrarios abandonados, existiendo referencias bibliográficas que vinculan esta expansión de la cubierta arbolada a plantaciones con finalidad de producción asociadas a la ausencia de gestión, en unos casos, o al abandono y posterior revegetación espontánea en otros (CORBELLE et al, 2018). A pesar de que el fenómeno de

reforestación si se ha puesto en relación con el abandono, no existen estudios en los que se haya intentado definir cuando un terreno forestal se puede considerar abandonado ni en qué medida.

En cuanto a la evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores, la organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (UNECE) ha realizado un proyecto piloto sobre la evaluación de la gestión forestal, en el que realiza una comparativa del valor de los distintos indicadores pan-europeos en la Unión Europea. En esta publicación si bien se definen los indicadores y de los parámetros usados para evaluarlos, no se aporta una metodología de cálculo que nos permita definir el valor de cada indicador para los distintos grados de sostenibilidad.

En el ámbito de la evaluación medioambiental, se han desarrollado diversas existen metodologías basadas en análisis multi-criterio que permiten llegar a un valor de la sostenibilidad de un territorio. La universidad de Standford ha desarrollado una herramienta informática para mapear y evaluar los servicios ecosistémicos denominada InVEST (<http://www.naturalcapitalproject.org>) (SHARP et al.2014). Esta herramienta ha desarrollado una metodología que permite determinar el valor de siete servicios ecosistémicos, la calidad del hábitat, el carbono, la producción anual de agua, la producción estacional de agua, la tasa de descarga de nutrientes, la tasa de entrega de sedimentos y el recreo) de forma dinámica, consiguiendo visualizar los cambios producidos al alterarse el mapa de usos del suelo. Iciar Alberdi Asensio en su tesis doctoral presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, en el 2015, desarrolló una metodología para la estimación de indicadores armonizados a partir de los inventarios forestales europeos, con especial énfasis en la biodiversidad forestal, que se presentaba como una mejora a la metodología de estimación de indicadores básicos de biodiversidad que ya se había utilizado en el Tercer Inventario Forestal Nacional (ALBERDI-ASENSIO, 2015).

En otros sectores, como el de la construcción, también se han desarrollado herramientas de apoyo para la toma de decisiones, cuando el decisor tiene que elegir la alternativa más sostenible, teniendo en cuenta distintos criterios o puntos de vista. La Universidad Politécnica de Cataluña ha desarrollado la metodología MIVES (modelo integrado de valor para evaluaciones sostenibles). MIVES es una herramienta informática que permite valorar y agregar cuantitativamente distintos requisitos, que en su mayoría tienen unidades de medida diferentes. Por ello, para valorar el grado de sostenibilidad se basan en metodologías multi-criterio de valoración (VIÑOLAS et al, 2009).

Nuestra metodología y la herramienta informática desarrollada para su aplicación, se adapta perfectamente como herramienta base para evaluar cada uno de los indicadores de gestión forestal sostenible seleccionados, permitiendo la inclusión de una función de transformación que describa la evolución del indicador en los distintos niveles de sostenibilidad en la gestión forestal, y por tanto en los distintos grados de abandono forestal.

## 6.Conclusiones

Está demostrado que la evaluación del abandono de tierras forestales, y con ello la evaluación de la sostenibilidad forestal es un objetivo por abordar con una complejidad inherente, debido principalmente a la falta de información y la multiplicidad de partes interesadas. Las metodologías combinadas resultan ser adecuadas para la evaluación del abandono forestal, al permitir la adopción de métodos de análisis multicriterio que resultan más participativos, e incorporar los resultados de consultas a las partes interesadas. A su vez, de forma conjunta, la aplicación de métodos multicriterio, consistentes en la asignación de pesos y de puntuaciones a cada uno de los indicadores evaluados, permiten alcanzar un valor que implica el grado de consecución del objetivo propuesto en el indicador. Sin embargo a día de hoy no existen referencias que nos permitan determinar una metodología específica para el valor de los indicadores en función del nivel de sostenibilidad en la gestión forestal alcanzado en un bosque. En la mayoría de los trabajos publicados se llega a la valoración cualitativa de estos indicadores mediante las consultas a partes interesadas, sin que exista una metodología de cálculo detrás de los valores seleccionados para cada indicador.

Nuestro trabajo plantea un nuevo modelo para la evaluación del abandono de tierras forestales de carácter objetivo y comparado, replicable en diferentes ámbitos y escalas espaciales. Para ello en primer lugar se ha realizado un análisis del término abandono de tierras, llegando a concluir que se puede determinar el nivel de del abandono alcanzado por un determinado predio forestal, encontrándose con el grado de gestión forestal sostenible existente en ese mismo territorio.

## 7. Agradecimientos

Esta investigación fue financiada con el programa de Xunta de Galicia (Grupos de Referencia Competitiva (ED431C-2021-27)).

## 8. Bibliografía

ALBERDI ASENSIO, I. 2015. Metodología para la estimación de indicadores armonizados a partir de los inventarios forestales nacionales europeos con especial énfasis en la biodiversidad forestal (Doctoral dissertation, Montes).

AZ ET AL. 2017. "Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review. *European Journal of Operational Research*. 258, 607-616.

BARBATI, A., MARCHETTI, M., CHIRICI, G., & CORONA, P. 2014. European forest types and forest Europe SFM indicators: tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management*, 321, 145-157.

BARBIER, E. B., BURGESS, J. C., & GRAINGER, A. 2010. The forest transition: Towards a more comprehensive theoretical framework. *Land use policy*, 27(2), 98-107.

BAYCHEVA-MERGER, T., & WOLFSLEHNER, B. 2016. Evaluating the implementation of the Pan-European Criteria and indicators for sustainable forest management—A SWOT analysis. *Ecological indicators*, 60, 1192-1199.

BILBAO-TEROL, A., ARENAS-PARRA, M., CAÑAL-FERNÁNDEZ, V., & ANATOMIL-IBIAS, J. 2014. Using TOPSIS for assessing the sustainability of government bond funds. *Omega*, 49, 1-17.

CBD (Convention on Biological Diversity, CA). 2001. "Assesment, conservation and sustainable use of forest biodiversity". 120 p.

CERDÁ, A. 2003. "Tierras marginales, abandono del campo y erosión", *Mètode: Revista de Difusió de la Investigació de la Universitat de Valencia*, núm. 1, pp. 176-179.

CORBELLE-RICO, E., & CRECENTE-MASEDA, R. 2014. Evaluating IRENA indicator "Risk of Farmland Abandonment" on a low spatial scale level: The case of Galicia (Spain). *Land Use Policy*, 38, 9-15.

DIAZ-BALTEIRO, L., ALFRANCA, O., GONZÁLEZ-PACHÓN, J., & ROMERO, C. (2016). Ranking of industrial forest plantations in terms of sustainability: A multicriteria approach. *Journal of environmental management*, 180, 123-132.

DUNJÓ, G.; PARDINI, G.; GISPERT, M. 2003. "Land Use Change Effects on Abandoned Terraced Soils in a Mediterranean Catchment, NE Spain", *Catena* 52, pp. 23-37.

FARRELL, E. P., FÜHRER, E., RYAN, D., ANDERSSON, F., HÜTTL, R., & PIUSSI, P. 2000. European forest ecosystems: building the future on the legacy of the past. *Forest ecology and management*, 132(1), 5-20.

FERNÁNDEZ-NOGUEIRA, D., & CORBELLE-RICO, E. 2018. Land use changes in Iberian Peninsula 1990–2012. *Land*, 7(3), 99.

GARMENDIA, A. S., SALVADOR, A., CRESPO, C., & GARMENDIA, L. 2008. Enseñanza de la evaluación de impactos ambientales en escuelas técnicas. Una reflexión sobre las funciones de transformación. Enseñanza de la evaluación de impactos ambientales en escuelas técnicas. *Una reflexión sobre las funciones de transformación*. 380-382.

GELLRICH, M., BAUCR, P. y ZIMMERMANN, N. 2007. Natural forest regrowth as a proxy variable for agricultural land abandonment in the Swiss mountains". *Environ Model Assess* 12 269-278.

GÓMEZ OREA, D., & GÓMEZ VILLARINO, M. T. 2013. Evaluación de impacto ambiental. Mundi-Prensa Libros.

Grainger, A., & Malayang III, B. S. 2006. A model of policy changes to secure sustainable forest management and control of deforestation in the Philippines. *Forest Policy and Economics* 8(1), 67-80.

JALILOVA ET AL. 2012. Developing criteria and indicators for evaluating sustainable forest management: A case study in Kyrgyzstan. *Forest Policy and Economics* 21 (012) 32-43.

KAUPPI, P. E., RAUTIAINEN, A., KORHONEN, K. T., LEHTONEN, A., LISKI, J., NÖJD, P., ... & VIRTANEN, T. 2010. Changing stock of biomass carbon in a boreal forest over 93 years. *Forest ecology and management*, 259(7), 1239-1244.

LAMMERTS VAN BUEREN, E. 2010. Forest related standards and certification schemes. *ETFRN News*. 51: 11-19.

LINSER, S., WOLFSLEHNER, B., BRIDGE, S. R., GRITTEN, D., JOHNSON, S., PAYN, T., ... & ROBERTSON, G. 2018. 25 Years of criteria and indicators for sustainable forest management: how intergovernmental C&I processes have made a difference. *Forests* 9(9), 578.

LÓPEZ IGLESIAS, E. 1996. Movilidad de la tierra y dinámica de las estructuras agrarias en Galicia. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica.

MAREY-PÉREZ, M. F., & RODRÍGUEZ-VICENTE, V. 2009. Forest transition in Northern Spain: Local responses on large-scale programmes of field-afforestation. *Land use policy*, 26(1), 139-156.

MATHER, A. S. 1992 The forest transition. *Area* 367-379.

MENDOZA ET AL. 2000. Multiple criteria decision-making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*. 131 107-126.

MENDOZA ET AL. 2006. Multi-criteria decision análisis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management* 230 1-22.

MEZA, A. 2005. Normes de gestion durable et politiques forestières: le cas des forêts de montagne en Europe. Tesis de doctorado. 258

MROSEK ET AL. 2004 Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level. Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton Forest and Wild Life Reserve in Ontario, Canada. *Forest Policy and Economics* 593-609.

MURUA, J.R. ET AL. 2012. Abandono e infrautilización del suelo agrario en la Cornisa Cantábrica: El caso del País Vasco. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 63-91.

PRÉVOSTO, B., & RIPERT, C. 2008. Regeneration of *Pinus halepensis* stands after partial cutting in southern France: Impacts of different ground vegetation, soil and logging slash treatments. *Forest Ecology and Management*, 256(12), 2058-2064.

PUGA, L. E. M. 2001. Evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura vial: funciones de transformación. (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).

RAMETSTEINER, E., & MAYER, P. 2004. Sustainable forest management and plan: European forest policy. *Ecological Bulletins*, 51-57.

SHARP, R., TALLIS, H. T., RICKETTS, T., GUERRY, A. D., WOOD, S. A., CHAPLIN-KRAMER, R., ... & VOGL, A. L. 2014. InVEST user's guide. The Natural Capital Project: Stanford, CA, USA.

SLUITER, R., & DE JONG, S. M. 2007. Spatial patterns of Mediterranean land abandonment and related land cover transitions. *Landscape Ecology*, 22(4), 559-576.

STRATEGY, E. A. N. E. F. 2013. for Forests and the Forest-based Sector. European Commission, 17.