



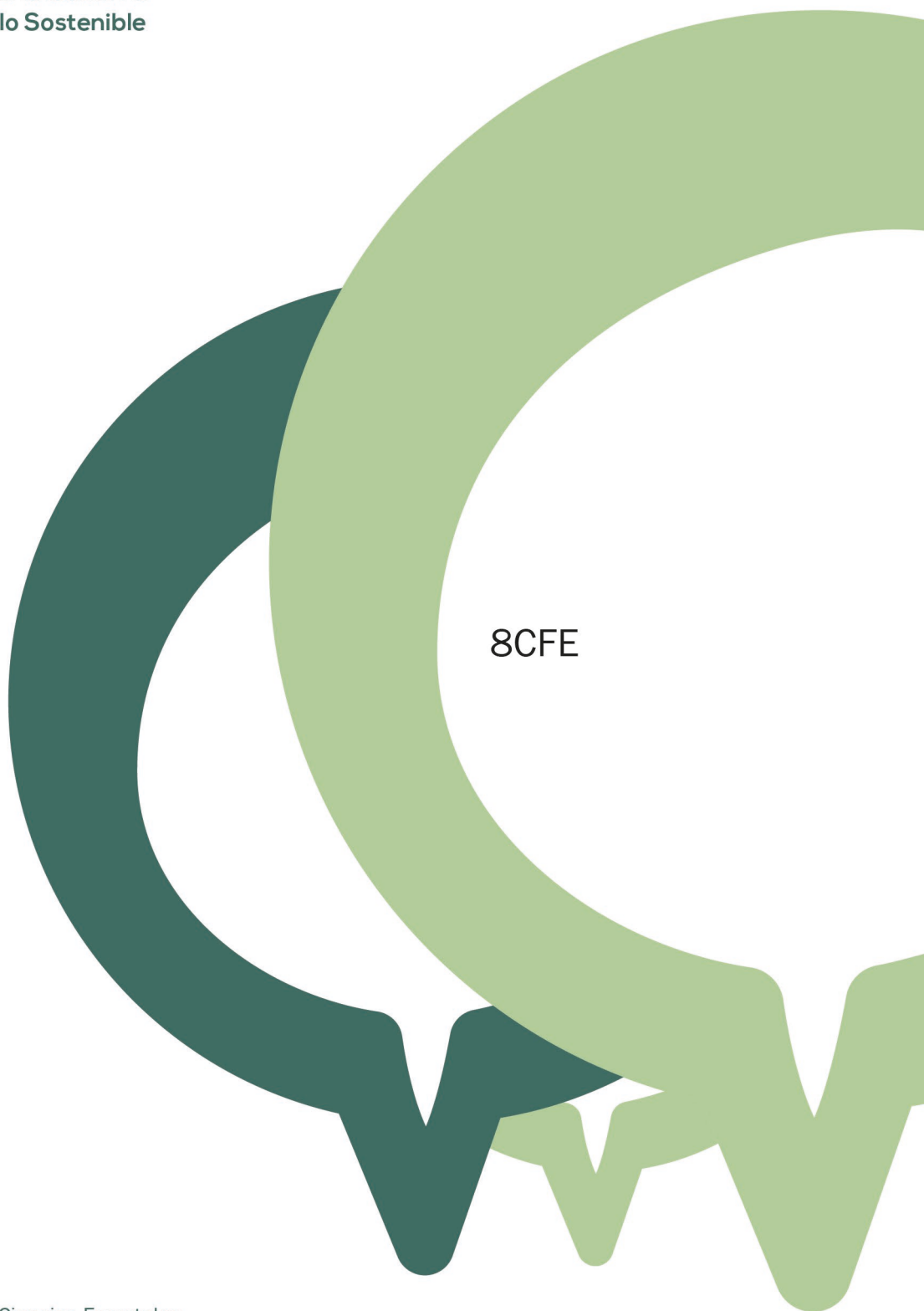
2022
Lleida

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



Trazabilidad digital de los aprovechamientos forestales desde el monte a la industria

GARCIA CASTILLO, D.¹, RANZ VEGA, P¹, LOPEZ-FRAGOSO RUMEU, T.¹ y ANTON PEÑALVA, J.¹

¹ Agresta S. Coop. C/ Duque de Fernán Núñez, 2, 1º 28012. Madrid.

Resumen

La digitalización representa una gran oportunidad y a la vez un paso crítico para las empresas del sector forestal y la bioeconomía. En España, la gestión de los procesos de la cadena de suministro de la madera, desde el monte a la industria, está escasamente digitalizada. El seguimiento y el intercambio de información y documentación se llevan a cabo generalmente sin herramientas informáticas especializadas, siendo el teléfono, el email y las aplicaciones de mensajería instantánea las principales vías de intercambio. La mayor parte de las empresas rematantes tampoco cuenta con herramientas digitales de gestión de los aprovechamientos y la trazabilidad de los productos, lo que implica grandes esfuerzos y costes de gestión, además de muchas ineficiencias. Esta circunstancia dificulta el trabajo administrativo para cumplir los reglamentos Europeos de la Madera (EUTR) y ralentiza y encarece la certificación forestal. En este artículo se presenta un panorama global de la situación observada a través de la experiencia de desarrollo de una aplicación de trazabilidad de madera del monte a la industria y de apoyo a la gestión de aprovechamientos forestales.

Palabras clave

Monte-industria, digitalización, certificación forestal, aprovechamientos, madera.

1. Introducción

La digitalización del comercio de madera en rollo y el intercambio de información entre rematantes, industria de madera y gestores de los aprovechamientos forestales facilita un mejor rendimiento (Nordfjell et al, 2018). El seguimiento de los aprovechamientos forestales es cada vez más exigente para las empresas y gestores, tanto por razones de eficiencia administrativa, como por la necesidad de respetar reglamentos de cumplimiento obligatorio como el de diligencia debida (reglamento europeo de la Madera EUTR) o demandas sociales y de mercado, como la certificación forestal. Por otro lado, las empresas forestales, por razones de mejora continua y competitividad, necesitan llevar un control preciso y organizado de sus aprovechamientos y flujos de madera, así como un perfecto conocimiento y registro diario de las salidas de camiones y entregas de producto en las industrias de destino.

Si bien no hemos encontrado estudios sobre el nivel de implantación de sistemas informáticos de gestión en empresas maderistas en España, este trabajo nos ha permitido constatar que la mayor parte de las empresas rematantes, eslabón fundamental de la cadena de valor, lleva un control poco digitalizado de la gestión de los aprovechamientos. Muchos pequeños rematantes tienen dificultades para llevar un registro adecuado, que cumpla con el reglamento EUTR y una gestión de detalle de sus operaciones. Estas dificultades administrativas también suponen una traba para que los procesos de certificación sean fluidos, ya que una gestión defectuosa y mal organizada de la información de trazabilidad por parte de las empresas dificulta los trámites y el trabajo de auditoría. Otro aspecto clave son las dificultades de colaboración e intercambio de información entre los actores de la cadena de valor, que es una barrera habitual en Europa para la movilización de madera (Orazio et al, 2017). Una buena colaboración entre actores es fundamental para la eficiencia de la cadena de suministro y su trazabilidad. Las herramientas digitales pueden

contribuir a mejorar la colaboración, la confianza y la transparencia. Además la optimización de procesos de abastecimiento requiere herramientas de toma de decisión en la asignación de medios y de gestión de la calidad total en los trabajos, en cooperación con los contratistas, lo que sería muy positivo si se generalizara en el sector forestal (Tolosana, 2017).

Para facilitar el seguimiento y la trazabilidad de la madera, tanto a las empresas maderistas como a los propietarios y gestores forestales desde el monte a la industria, se ha creado una aplicación en el marco del proyecto innovador del grupo operativo [SIGCA](#), centrado en mejorar la gestión forestal para la calidad y la competitividad del pino marítimo. Esta aplicación trata de simplificar la parte administrativa, facilitar la colaboración y transparencia entre actores y hacer una mejor gestión de los flujos de productos diferenciados por calidad y destino. El trabajo llevado a cabo nos ha permitido conocer con más detalle la situación de muchas empresas rematantes en cuestiones digitales y tener una visión más profunda de sus problemas y necesidades, sobre las que se hará una síntesis en este artículo. En el camino también hemos podido explorar el mercado de soluciones existentes, aspecto sobre el que también se expondrán las observaciones principales.

Tras la finalización del proyecto del grupo operativo SIGCA se ha continuado mejorando la aplicación y ampliando los casos de uso, tanto para empresas rematantes como para gestores forestales públicos y privados con distintas casuísticas. Parte del trabajo y los avances con la aplicación de trazabilidad se están trasladando a casos particulares ligados al aprovechamiento de haya gracias al proyecto [GO Fagus](#), conducido por un grupo operativo heredero de SIGCA y centrado en la valorización del haya. En este proyecto se están llevando a cabo mejoras y adaptaciones específicas de la aplicación para ponerlas a disposición de gestores y rematantes que trabajan con esta especie, y nos permitirá también ofrecer algunos resultados y conclusiones complementarias.

2. Objetivos

El principal objetivo de este artículo es exponer un panorama de la digitalización aplicada a la gestión de los aprovechamientos forestales y a la trazabilidad de la madera en España desde el monte hasta la industria. Se dará la perspectiva obtenida a partir de una experiencia práctica de desarrollo de una aplicación informática para facilitar esta tarea de gestión a los actores de la cadena de valor, tanto para gestores forestales como para empresas rematantes y administraciones.

Se pretende compartir las principales observaciones y aprendizajes para facilitar el desarrollo de la digitalización de la gestión de la información de la cadena de suministro y la colaboración entre los actores implicados mediante soluciones informáticas y estándares compartidos.

3. Metodología

El desarrollo de una solución digital que pueda dar servicio a una amplia variedad de actores tiene dificultades específicas frente a una solución a medida elaborada para un determinado usuario o cliente, con el que se trabaja desde la fase de diseño en la definición de las funcionalidades.

A través del proyecto SIGCA se ha abordado el reto de generar una solución que pueda adaptarse fácilmente a diferentes tipos de actores que participan en la cadena de suministro de madera en rollo. Este proyecto ha permitido la creación de un primer prototipo funcional de aplicación de trazabilidad que recoge tanto necesidades de gestores como de rematantes. Se ha seguido una metodología de diseño y construcción de la aplicación con la colaboración del área de movilización de recursos forestales de Agresta a lo largo de todo el proceso de diseño y desarrollo. Esta área tiene una experiencia de más de 10 años en la gestión de propiedades forestales, con

una superficie total que supera las 12.000 ha repartidas entre cerca de 35 montes mayoritariamente privados.

Se ha creado un equipo mixto formado por personas del área tecnológica de Agresta, responsables del desarrollo informático, técnicos del área de movilización de recursos forestales y el responsable de innovación de Agresta. Este equipo ha llevado a cabo reuniones de seguimiento periódicas para avanzar en el diseño de las funcionalidades y validar los avances a lo largo de un año de trabajo.

El área tecnológica ha conducido el trabajo de ayudar a definir los objetivos y las funcionalidades del sistema de trazabilidad, mientras que el área de movilización de recursos forestales se ha encargado de aportar el conocimiento técnico y la experiencia sobre el terreno para especificar las necesidades prácticas del sistema. Este conocimiento incluye las necesidades de control del gestor forestal en lo que respecta a los flujos de madera desde la corta hasta la salida del monte y el punto de vista del maderista, contrastando y consultando con empresas maderistas necesidades y puntos críticos de la aplicación a lo largo de su desarrollo. También se ha llevado a cabo una labor de coordinación con los socios del grupo operativo SIGCA para alinear el desarrollo a los objetivos del proyecto y a los resultados esperados.

El trabajo se ha estructurado en diferentes hitos para ir definiendo los objetivos y las funcionalidades:

Hito 0: Creación de la documentación básica para diseño del sistema.

- Calendario de hitos
- Descripción de funcionalidades
- Esquema de base de datos
- Borrador de diseño de la aplicación objetivo
- Tabla de permisos

Hito 1: Definición del prototipo básico de aplicación Web.

- Funcionalidades de la plataforma web
- Registro de usuarios
- Creación de usuarios
- Creación de la base de datos

Hito 2: Definición de un ejecutable básico con un diseño y funcionalidad inicial de la aplicación web y móvil (versión Alpha)

- Funcionalidades de la plataforma web:
 - Creación de explotación, cargadero y lote.
 - Edición de explotación, cargadero y lote.
- Funcionalidades Móvil:
 - Aplicación instalable y botonería básica.

Hito 3 Validación de la versión Alpha

A partir del hito 3 el diseño se trasladó y concretó en una primera versión práctica del sistema (versión Beta), con lo que se daba inicio al desarrollo de la aplicación como tal. Se ha seguido puliendo el diseño a través de pruebas y ensayos de las diferentes versiones y mejoras del prototipo y de consultas a maderistas que han podido opinar y valorar el funcionamiento de las versiones desarrolladas. Muchos errores o carencias de diseño, que parten de la concepción de las

funcionalidades ideales sobre el papel, se han podido ir corrigiendo y puliendo gracias al testeo y contraste de los prototipos.

Hito 4: Desarrollo de un ejecutable con un diseño y funcionalidad avanzada de la aplicación web y móvil para poder testearla (versión Beta)

Funcionalidades de la plataforma web:

- Contenido de hitos anteriores (diseño del sistema).
- Correcciones de hito 3 en la medida de lo posible.
- Interacción básica de los módulos del sistema, para probar funcionalidades.

Funcionalidades Móvil:

- Contenido de hitos anteriores.
- Registro de usuario.

Hito 5: Feed-back y corrección de errores sobre la Beta.

- Contiene un listado de bugs y errores encontrados durante su uso.

Hito 6: Ejecutable con un diseño y funcionalidad total de la aplicación web y móvil. (versión candidata definitiva - Release Candidate Version)

- El diseño incluye imagen para facilitar la difusión y reconocimiento de la aplicación (figura 1).



Figura 1. Imagen-logo aplicación.

Funcionalidades de la plataforma web:

- Contenido hitos anteriores.
- Correcciones de errores detectados.
- Interacción de todos los elementos del sistema.
- Funcionalidades Móvil.
- Contenido de hitos anteriores.
- Funcionalidad total.

Hito 7: Valoraciones y correcciones sobre la versión “Release Candidate”

- Control de calidad con datos de explotaciones.
- Listado de errores finales.

Hito 8: Versión final de las aplicaciones. Lanzamiento (versión Gold)

Corrección de errores del control de calidad con datos de explotaciones reales.

A lo largo del proceso de elaboración se ha mantenido el contacto con maderistas y asociaciones sectoriales que han ayudado tanto a mejorar la solución como a difundirla.

4. Resultados

El resultado principal ha sido la elaboración de una herramienta informática, contrastada y utilizada en casos prácticos, que sirve para:

- Garantizar la trazabilidad de la madera desde el monte a la industria.
- Mejorar el seguimiento de la madera según productos y calidades.
- Introducir y consultar en tiempo real información sobre un aprovechamiento y los flujos de madera desde el monte a su destino.
- Introducir datos de partida de un aprovechamiento a partir del marcado de la madera o, en caso de no llevarse a cabo, de estimaciones o inventarios sin señalamiento.

Forest Traza permite conocer las cantidades de madera (por tipo de producto, especie y calidad) objeto del aprovechamiento en cada punto clave del flujo de productos desde el monte hasta la industria:

- Madera en pie pendiente de aprovechamiento.
- Madera en cargadero.
- Madera entregada a industria.

Los elementos principales de la herramienta son:

- Una aplicación web: elemento principal donde cada usuario accede a los datos de los aprovechamientos forestales sobre los que tiene otorgados permisos, a través de un usuario y contraseña. <https://sigca.agrestaweb.org/#/login>
- Una aplicación móvil: que permite introducir datos y actualizar información en campo y por tanto hacer un seguimiento en tiempo real del flujo de madera y la trazabilidad. Enlace de descarga: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.agresta.sigca&gl=FR>
- Una base de datos: cada usuario sólo accede a los datos creados por él o por otros actores que le dan permiso cuando participa en un aprovechamiento.

La aplicación va generando un listado con cada una de las entregas de madera en industria, correspondiente a cada camión proveniente del aprovechamiento, introducidas mediante el móvil por el conductor, u otra persona asignada, a partir del albarán de entrega. Cada registro en la aplicación recoge todos los detalles del albarán, incluyendo el peso y una foto del documento, lo que permite contrastar la información. Cada lote de madera, correspondiente a la carga de un camión entregado en industria, tiene por tanto una trazabilidad completa desde el monte hasta su entrega en el centro de transformación. Este listado puede exportarse en formato Excel o CSV e integrarse en el sistema de gestión de la empresa para la gestión administrativa, aunque tiene valor en sí mismo como documentación de trazabilidad y control del aprovechamiento.

El sistema está compuesto por los siguientes elementos principales:

- Plataforma web
- Base de datos
- Aplicación móvil

Plataforma web

Las secciones abiertas a todos los visitantes de la *plataforma web* pueden ser sólo tutoriales o información general del sistema. Una vez logeado, cada usuario verá diferentes secciones, dependiendo de su rol. El rol de administrador del sistema podrá acceder a todas las secciones y datos de la aplicación.

La primera vez que un usuario entra en su espacio personal, se muestra un tutorial de las diferentes secciones disponibles. La aplicación web muestra gráficos y tablas con los datos de la cantidad de madera, diferenciada por producto, en cada etapa, ya sea en pie, en cargadero o entregada en destino. En la figura 2 se expone un ejemplo simulado del listado de las entregas de madera (figura 2)

Camión	Cantidad	Producto	Material	Material	Código de viaje		
2844AH	243 t	Pino albar - Apes	industrial	maderal	4/1/21 047	🟢	✎
2844AH	221 t	Pino resinoso - Canter	industrial	maderal	4/5/20 104	🟢	✎
2844AH	243 t	Pino albar - Apes	industrial	maderal	4/5/20 047	🟢	✎
2844AH	259 t	Pino albar - Apes	industrial	maderal	5/5/20 101	🟢	✎
0844AH	267 t	Pino resinoso - Canter	industrial	maderal	1/5/20 027	🟢	✎
2844AH	253 t	Pino albar - Apes	industrial	maderal	3/6/20 031	🟢	✎
2844AH	259 t	Pino resinoso - Canter	industrial	maderal	4/6/20 034	🟢	✎

Figura 2. Lista de viajes ejemplo test.

Para el seguimiento de la madera en pie se dispone de un cuadro de mandos en la que puede visualizarse la evolución de la madera pendiente de saca y la madera desemboscada, como puede verse en la imagen de la figura 3 con un caso de ejemplo.



Figura 3. Visualización evolución madera en pie y desemboscada.

Aplicación móvil

La aplicación móvil está destinada a dos tipos de usuarios:

- Autocargador.
- Camión.

En ambos casos la tarea de introducción de datos puede sustituirse por una persona encargada del seguimiento de los aprovechamientos dentro de sus labores de reporte y organización de la información.

Cada usuario al logearse tendrá cargada la configuración necesaria para introducir datos según sea autocargador o chofer de camión. Estará conectado de forma automática con la explotación en la que está trabajando. En el caso del camión si está trabajando en varias

explotaciones abiertas en el sistema tendrá que seleccionar en un desplegable la explotación concreta.

La aplicación envía datos en tiempo real y permite ir actualizando los flujos de madera desde el bosque a cargadero (con datos introducidos por el conductor del autocargador) y desde cargadero a industria (con datos introducidos por el conductor del camión).

Si no se dispone de conexión a Internet en el momento de enviar los datos, se avisa al usuario y los datos se guardan en la aplicación para móviles hasta que se recupere la conexión a Internet. Entonces el usuario puede intentar enviar los datos de nuevo. En la figura 4 se expone dos vistas de las pantallas de la aplicación.



Figura 4. Diferentes vistas de pantallas de la aplicación para enviar datos.

Base de datos

La base de datos está alojada en el servidor de Agresta y está accesible para la plataforma web y para todas las aplicaciones móviles instaladas.

La aplicación se ha podido probar tanto con casos prácticos de control de aprovechamientos forestales, desde el lado del gestor, como en casos de uso por empresas rematantes para la gestión de la información y el seguimiento de los flujos de madera en tiempo real. Estos casos prácticos y las conversaciones con empresas rematantes, gestores forestales y otras entidades forestales han permitido identificar barreras, mejoras de funcionamiento y puntos de mayor interés para la digitalización de la gestión de la información de la cadena de valor y las mejoras para futuros desarrollos.

Si bien el uso de la aplicación es sencillo se necesita una breve formación y acompañamiento durante el momento de arranque, algo fundamental para el éxito de cualquier implantación de herramienta digital.

5. Discusión

En el transcurso de este trabajo se han podido diferenciar tres tipos de empresas rematantes en función de su capacidad de gestión y su disposición a integrar herramientas digitales para mejorar sus procesos logísticos y la gestión de la información de los aprovechamientos forestales. Se trata de categorías que no recogen toda la variedad de empresas posible, pero tiene utilidad a efectos de identificar las barreras y necesidades de integración de un sistema digital de gestión:

Empresas con gestión relativamente avanzada: se trata de organizaciones que cuentan con sus propios sistemas informáticos de gestión (ERP: *Enterprise Resource Planning*), normalmente contruidos a medida de sus necesidades. Suelen contar con una herramienta para la gestión de la trazabilidad o están en fase de incorporarla. En algunos casos no tienen herramientas específicas para la gestión en tiempo real de la trazabilidad y el seguimiento de los aprovechamientos, siendo uno de los puntos débiles de sus sistemas de gestión. Se trata de rematantes que movilizan por lo general más de 50.000 m³ por año o de grandes industrias consumidoras de madera en rollo que cuentan con su propio servicio de aprovisionamiento y gestión de aprovechamientos. Algunas de estas industrias de gran tamaño mantienen sistemas de gestión de aprovechamientos relativamente rudimentarios, basados en el uso continuo del teléfono, email y WhatsApp a pesar de contar con sistemas informáticos relativamente avanzados para la gestión de sus procesos una vez que la madera entra en la industria.

Empresas con sistemas de gestión digitales básicos: No disponen de sistemas de gestión informática avanzados tipo ERP, o si los tienen son bastante básicos, pero cuentan con personal administrativo que registra y controla las operaciones y la contabilidad. A menudo la información de las operaciones del día a día está en manos de la persona responsable de los aprovechamientos, de quien depende el control de las operaciones de compra-venta de la madera y la gestión logística. Suelen ser personas con gran experiencia y conocimiento, que manejan y registran mentalmente todos los procesos, clientes, cantidades y movimientos. La gestión administrativa de la trazabilidad se hace a través de albaranes y facturas en papel por la persona responsable de la administración y contabilidad con apoyo y supervisión del responsable de aprovechamientos. Suele corresponder con empresas con una movilización de entre 15.000 a 50.000 m³ al año, a menudo familiares. El control y seguimiento diario de los aprovechamientos y las operaciones tanto de compra-venta como la gestión logística se hace a través llamadas telefónicas y aplicaciones de mensajería instantánea como WhatsApp. La dependencia de estas personas para el funcionamiento de la empresa es por tanto muy elevada y supone un riesgo importante, además de una dedicación muy exigente, con un considerable sobreesfuerzo. La cultura de trabajo arraigada y las costumbres de funcionamiento son la principal barrera para el cambio. Los relevos generacionales y/o un crecimiento importante en el volumen de operaciones son las palancas principales para decidir cambiar de modelo de gestión e integrar sistemas digitales, como sería el caso de las herramientas de trazabilidad y seguimiento de los aprovechamientos.

Empresas unipersonales o de muy pequeño tamaño: se trata de empresas rematantes que tienen por lo general maquinaria para llevar a cabo uno o dos aprovechamientos de forma simultánea, con capacidad de movilización anual que suele ser inferior a los 15.000 m³. El propietario habitualmente lleva a cabo las operaciones sólo o con un equipo de trabajo. La gestión administrativa es una dificultad añadida importante. El volumen de trabajo no es suficiente para contratar personal administrativo bien preparado, si bien puede tener apoyo puntual y asesoramiento externo o familiar. El papeleo no siempre se lleva con todo el rigor necesario para cumplir las exigencias de gestión de trazabilidad y supone un esfuerzo extra que suele hacerse tras largas jornadas de campo o durante el fin de semana. La incorporación de un sistema de gestión de trazabilidad digital ayudaría a reducir buena parte del trabajo administrativo, pero por lo general es un perfil reacio a digitalizar procesos o a cambiar procedimientos.

Se observa en general una cultura en la que es habitual el sobreesfuerzo, con procedimientos de gestión y toma de decisiones que no suelen estar apoyados en sistemas informáticos y en análisis minuciosos de datos. Esta situación es especialmente acusada en el caso de pequeñas y medianas empresas. La gestión de la información y de las operaciones de los aprovechamientos suele hacerse mediante llamadas telefónicas y sistemas de mensajería instantánea como WhatsApp, algo que multiplica el esfuerzo y los errores respecto a sistemas digitales más

avanzados. Algunas grandes industrias se están equipando con sistemas de gestión informatizada a los que se deberán adaptar las empresas proveedoras y colaboradoras, dotándose de sistemas informáticos compatibles. La gestión informatizada y la comunicación digital entre sistemas de gestión es ya una realidad en muchos países. Estas operaciones están facilitadas por estándares y sistemas específicos para el sector de la madera como PapiNet (<http://www.papinet.org/>) un estándar de comunicación global para las industrias del papel y los productos forestales, que permite automatizar procesos, desde la realización de pedidos, envío de órdenes, facturas y otro tipo de información y documentación. PapiNet es uno de los más extendidos pero existen otros estándares más específicos de cada país como FHPDAT en Austria, Efids en Gran Bretaña o Forestand en Suecia. Estos sistemas contribuyen a reducir sustancialmente los tiempos de ejecución de los aprovechamientos y la eficiencia de las cadenas de suministro (Kemmerer & Labelle, 2022)

También es habitual en otros países el uso de sistemas como el estándar StandForD, que permite la comunicación entre los ordenadores a bordo de máquinas forestales (procesadoras y autocargadores) y servidores, y por tanto monitorizar las operaciones en remoto. Se trata de un estándar desarrollado y mantenido por el centro de investigación forestal sueco Skogforsk, que no sólo aporta beneficios para la mejora de la gestión de los aprovechamientos si no para todo el proceso de abastecimiento (Olivera y Visser, 2016).

La información aportada por los ordenadores a bordo de procesadoras y autocargadores ofrecen datos de gran valor que son utilizados por las empresas para mejorar el seguimiento de un aprovechamiento. Se trata de un dato muy útil pero no suficiente para gestionar la trazabilidad. Aporta información sobre los volúmenes de madera cortados o desemboscados, pudiendo llegar a diferenciar por tipo de producto, pero el seguimiento se pierde cuando la madera sale del monte. La integración con las herramientas de trazabilidad como Forest Traza es perfectamente factible mediante la creación de una interfaz que comunique con los sistemas informáticos de la empresa fabricante.

También tiene gran interés las posibilidades que brindan tecnologías como la cadena de bloques o Blockchain en inglés. En España se han llevado a cabo algunos proyectos relacionados con esta tecnología aplicados a la trazabilidad de la madera como fue el caso del grupo operativo [Chainwood](#). La tecnología Blockchain facilitan la descentralización, la inmutabilidad y verificabilidad de la información necesarias para generar mayor confianza en operaciones (Westerkamp & Küpper, 2019). Se trata sin embargo de un paso demasiado avanzado en un sector en el que todavía hay muy poca implantación de sistemas básicos digitales de gestión de la trazabilidad, necesarios para utilizar esta tecnología. Será necesario primero digitalizar y posteriormente identificar qué puede aportar valor a través de la aplicación de esta tecnología (Montero et al, 2019).

Debe destacarse también que, en Galicia, una de las regiones con más peso en el desarrollo del proyecto SIGCA, cuentan con un sistema digital de apoyo a la trazabilidad de la madera, si bien su foco está centrado una vez que la madera entra en la industria.

6. Conclusiones

La utilización de herramientas digitales de apoyo a la gestión de la información y seguimiento de los aprovechamientos y la trazabilidad dista todavía de estar generalizada en las empresas del sector forestal. La tecnología está disponible, pero nos enfrentamos a dificultades de orden cultural y organizacional. A pesar de ser operaciones y procesos comunes a todos los aprovechamientos y a todas las empresas una de las grandes dificultades que se ha encontrado es la diversidad de situaciones y necesidades respecto al manejo de la información.

El trabajo desarrollado con esta aplicación informática en SIGCA ha permitido poner en marcha un prototipo funcional que recoge buena parte de esta diversidad. Sin embargo, para que pueda prestar verdadera utilidad a todas las empresas del sector forestal, se necesita continuar desarrollando módulos específicos. En el caso de las pequeñas empresas el nivel de desarrollo puede ser suficiente para sus necesidades, pero para las medianas y grandes empresas se ha visto la conveniencia de personalizar determinadas funciones, entre las que se incluyen la creación de una interfaz específica para la integración a sus sistemas de gestión administrativa.

7. Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas, empresas y entidades que han aportado su punto de vista y han conversado con el equipo de desarrollo tanto en la fase de diseño como en el desarrollo de pruebas y casos de uso de la aplicación, destacando:

A Sergio Franco, Director de Explotaciones en Central Forestal, por todas las conversaciones e intercambios mantenidos desde hace varios años que nos han llevado a concebir la necesidad de desarrollar este tipo de aplicaciones para las empresas que participan en la cadena de valor de la madera.

A Fran y José Angel Ibañez, copropietarios de Boicho forestal, empresa maderista que ha colaborado estrechamente en el desarrollo de un caso de uso.

A Maderas Larreta, especialmente a Pablo Herrero, responsable de logística, por toda la información aportada sobre sus sistemas digitales y las ideas de mejora de la aplicación.

A Finsa, y más concretamente a Carlos Iglesias Dapena, responsable de aprovechamientos, por sus valiosas conversaciones y toda la información aportada acerca del sector forestal gallego y cuestiones ligadas a la digitalización de los aprovechamientos y su logística.

A la Dirección de Biodiversidad del Gobierno de la Rioja y sus colaboradores, destacando a Miriam Soto por labor dinamizadora y a Félix Pinillos por sus ideas sobre otro tipo de usos de la aplicación.

A Susana Peláez y Katia Fernández, de Asmadera, Nuria Rodríguez de LugoMadera, Xosé Covelos de la Asociación Forestal Gallega y Yésica Pazos de Fearmaga, por la información aportada sobre la gestión de la cadena de valor de la madera y la digitalización de las empresas del sector forestal en sus respectivos territorios.

A Iván Bermejo, por todo su apoyo durante su periodo como gerente de Ademán en Navarra.

A todos los compañeros y compañeras de Agresta que han participado en el desarrollo de esta aplicación y que han aportado su conocimiento y su trabajo.

Y por supuesto a todos los socios del grupo operativo, especialmente a Cesefor y a José Luis Villanueva, coordinador técnico del proyecto SIGCA, con quien siempre es un placer colaborar.

8. Bibliografía

KEMMERER, J., LABELLE, ER. 2022. Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data January 2022 Croatian Journal of Forest Engineering 43(1)

MONTERO, A. 2019. Informe del Grupo Focal sobre digitalización y Big Data en los sectores agroalimentario y forestal y el medio rural. Ideas para una aproximación estratégica a la digitalización del sector. Red Rural Nacional. Página 102

NORDFJELL, T., BORZ, S., KRAJNC, N., TOIVONEN, R. 2018. EIP-AGRI Focus Group Sustainable mobilisation of forest biomass MINIPAPER 5: Harvesting and transportation technologies. European Commission

OLIVERA, A., y VISSER, R.; 2016. Using the harvester on-board computer capability to move towards precision forestry. NZ Journal of Forestry, February 2016, Vol. 60, No. 4

ORAZIO, C., KIES,U., EDWARDS,D. 2017. Handbook for Wood Mobilisation in Europe: Measures for Increasing Wood Supply from Sustainable Managed Forests. Página 31. European Forest Institute.

TOLOSANA, E.; 2017. Retos y medidas de éxito para la movilización de madera y biomasa forestal en el centro y norte de España. Revista Montes N° 129 III trimestre de 2017. Páginas 26-30

WESTERKAMP, M., KÜPPER, A. 2019. Tracing manufacturing processes using blockchain-based token compositions. Digital Communications and Networks · February 2019- 1-2