

**COMISIÓN ECONÓMICA PARA EUROPA DE NACIONES UNIDAS
CONVENIO MARCO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA TRANSFRONTERIZA**

PROGRAMA INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO
Y LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LOS BOSQUES

MANUAL RED CE DE NIVEL II

RED DE PARCELAS PERMANENTES PARA EL SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES.

MÉTODOS Y CRITERIOS PARA HOMOGENEIZAR LA EVALUACIÓN, TOMA DE MUESTRAS, SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y OTROS FACTORES DE DECAIMIENTO SOBRE LOS BOSQUES.

PARTE IX

TOMA DE DATOS METEOROLÓGICOS



**GOBIERNO
DE ESPAÑA**

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Área de Inventario y Estadística Forestal (AIEF)

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

INDICE

1	Introducción	1
1.1.-	Alcance y aplicación	2
1.2.-	Objetivos	2
2	Localización de los dispositivos de medición: Diseño del muestreo	2
2.1.-	Dispositivos de medición a campo abierto (estación meteorológica).....	3
2.2.-	Localización de los dispositivos de medición dentro de la masa (hobbos y pluviómetros)	4
3	Características técnicas de los equipos de medición	4
3.1.-	Recomendaciones técnicas generales.....	4
3.2.-	Elementos de la estación meteorológica	4
3.2.1.-	Antena	4
3.2.2.-	Sensores de dirección y velocidad del viento.....	5
3.2.3.-	Piranómetro termoeléctrico	6
3.2.4.-	Sensores humedad relativa y temperatura del aire	6
3.2.5.-	Pluviómetro automático.....	7
3.2.6.-	Panel solar.....	8
3.2.7.-	Estación de medida	8
3.2.8.-	Ejemplo de configuración de una estación	9
3.3.-	Elementos de las estaciones de humedad y temperatura del suelo	9
4	Mediciones	11
4.1.-	Temperatura y humedad relativa del aire.....	11
4.2.-	Velocidad y dirección del viento.....	11
4.3.-	Radiación global	11
4.4.-	Precipitación.....	12
4.5.-	Humedad y temperatura del suelo	12
5	Extracción de los datos	13
5.1.-	Estación meteorológica.....	13
5.2.-	Sondas de humedad y temperatura del suelo.....	16
6	Control y aseguramiento de la calidad	17
6.1.-	Control de calidad en campo	17
6.2.-	Límites de plausibilidad.....	17
6.3.-	Complejidad de datos	18
7	Manejo de datos	18

8 Manual de Referencia y Base de datos de ICP-Forests..... 20

ANEXOS

Anexo I: Estructura de los archivos, descripción de campo y códigos empleados

1.- INTRODUCCIÓN.

Las variables meteorológicas afectan la composición, estructura, crecimiento, salud y dinámica de los ecosistemas forestales. La medición de datos meteorológicos en parcelas de seguimiento forestal es esencial para la interpretación de los efectos del cambio climático. La magnitud y los cambios en el tiempo de las variables meteorológicas deben evaluarse con la mayor precisión posible para poder utilizar los datos meteorológicos como factores explicativos de las muchas otras observaciones realizadas en las parcelas del Nivel II.

Los datos meteorológicos permiten conocer la naturaleza y cuantía de factores externos que son entradas fundamentales de materia y energía en el ecosistema (radiación, precipitación, etc.), así como las características ambientales de carácter climático (temperatura, humedad, iluminación, velocidad del viento,...) derivados, que son factores determinantes del funcionamiento y evolución de los ecosistemas.

A partir de los datos meteorológicos se elaboran diferentes parámetros significativos para explicar los procesos de utilización de la energía y de los materiales (agua, nutrientes) por los ecosistemas, y, por tanto, son de gran interés para el Seguimiento Intensivo y Continuo de los Ecosistemas.

Las condiciones meteorológicas proyectan su influencia directa sobre el desarrollo de plagas y enfermedades, sobre la disponibilidad y circulación del agua y sobre todos los procesos ecofisiológicos que tienen lugar en la cubierta vegetal y sobre el suelo. Su influencia se transmite a todos los procesos edáficos: disponibilidad y movilidad de nutrientes, absorción por las raíces, descomposición de los restos de biomasa desprendidos, etc.

Por otra parte los valores extremos de las variables meteorológicas permiten definir factores de estrés que contribuyen o son causa principal de los daños producidos en las masas forestales. La imposibilidad de aislar sus efectos de otros factores como la contaminación, hace necesario su incorporación al estudio de Nivel II. Los factores de estrés meteorológicos incluyen el estrés por sequía, temperatura (frío, helada, calor), radiación (bajo nivel de radiación global respecto a la potencial) y mecánicas (tormentas, nevadas, vendavales,...).

Además, parámetros como la humedad y temperatura del suelo son fundamentales dentro del ciclo hidrológico ya que influyen en la capacidad de retención del agua del suelo, y son imprescindibles para estudiar el balance hidrológico en las parcelas de seguimiento intensivo. Dichos parámetros se determinan a diferentes profundidades, evaluándose también su variación en el tiempo.

En el complejo suelo-planta-atmósfera, el suelo y la atmósfera son los medios físicos en los que las plantas y animales crecen y se desarrollan. Las condiciones especiales que se presentan en las capas de aire próximas al suelo son de importancia primordial para las plantas. Las variables meteorológicas comprenden los más decisivos parámetros que afectan a la estructura crecimiento, estado y estabilidad de la masa forestal.

Los elementos del clima actúan sobre las plantas, no de forma aislada sino conjuntamente. Los de mayor importancia desde este punto de vista son: luz, calor y humedad. La información de las estaciones meteorológicas nacionales es, en la mayoría de los casos, insuficiente para evaluar con exactitud las condiciones meteorológicas de las áreas forestales con poca homogeneidad en la superficie subyacente, y características muy variables de topografía y de relieve.

1.1.- Alcance y aplicación

Esta parte del manual tiene como objetivo proporcionar una metodología coherente para recoger mediciones meteorológicas armonizadas y comparables de alta calidad para las parcelas intensivas de Nivel II. La armonización de los procedimientos es esencial para garantizar la comparabilidad de los datos. La tabla del punto 7 ofrece una visión general de variables, unidades y formas de agregación de los datos.

1.2.- Objetivos

Los principales objetivos del seguimiento meteorológico son:

1. Recopilar datos para describir las condiciones meteorológicas y los cambios en las parcelas de Nivel II;
2. investigar las condiciones meteorológicas y contribuir a la explicación y la relación con el estado del ecosistema;
3. Identificar e investigar los índices de estrés para los árboles de la parcela, así como las condiciones climáticas extremas y los eventos (por ejemplo, heladas, calor, sequía, tormentas, inundaciones);
4. construir series cronológicas largas que cumplan con los requisitos de un análisis adicional (estadísticas y modelos) de las respuestas del ecosistema en condiciones ambientales reales y cambiantes (por ejemplo, cálculos del balance hídrico, disponibilidad de agua, crecimiento, ciclo de nutrientes), así como evaluaciones integradas en varios aspectos de las parcelas de Nivel II (por ejemplo, evaluación del estado de copa, deposición, incremento).

Además del cumplimiento de los objetivos mencionados anteriormente, los datos meteorológicos se utilizan para calcular los índices de estrés y los cálculos del balance hídrico.

2.- LOCALIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN: DISEÑO DEL MUESTREO.

Un sistema de seguimiento meteorológico adecuado incluye la elección de los dispositivos adecuados, la correcta instalación de los mismos, así como llevar a cabo un uso adecuado, prácticas de mantenimiento y calibrado y la revisión frecuente de los datos.

La localización de los dispositivos instalados en las subparcelas de Nivel II, en España, se puede ver en la tabla 1.

Localización de dispositivos		
Dispositivo	Localización	
	Subparcela exterior	Subparcela interior
Torre	X	
Sensores de dirección y velocidad del viento	X	
Piranómetro termoelectrico	X	
Sensores humedad relativa y temperatura del aire	X	
Pluviómetro	X	X
Panel solar	X	
Sensores humedad y temperatura del suelo		X

Tabla 1: Localización de los dispositivos en las subparcelas

2.1.-Dispositivos de medición a campo abierto: subparcela exterior (estación meteorológica)

Seleccionar la ubicación adecuada para la estación meteorológica es tan importante como elegir los sensores para una aplicación determinada. Por tanto, debe darse prioridad al estudio de la ubicación de estos aparatos. Todas las mediciones meteorológicas están influenciadas por el tipo de superficie y sus irregularidades, la humedad del suelo, la topografía local y los obstáculos cercanos.

Todas las variables meteorológicas obligatorias deben medirse en torres o en campos abiertos para caracterizar las condiciones climáticas que afectan directamente al dosel.

Se podría usar información procedente de estaciones meteorológicas cercanas a las parcelas, si se considera que son representativas del sitio. Para una óptima representación de las condiciones meteorológicas de las zonas boscosas, y para evitar errores asociados a la gran variabilidad espacial de este tipo de datos, se deben seguir los siguientes criterios:

- Se debe instalar la estación meteorológica dentro del área forestal sometida a estudio.
- La zona donde se instale la estación debe estar despejada de obstáculos como árboles, o pendientes pronunciadas. Preferiblemente, el seguimiento meteorológico en las parcelas de Nivel II se localizará en zonas de campo abierto, o claros de bosque cercanos a la parcela (subparcela exterior, ver Parte I de este Manual).
- Las medidas deben ser recogidas por encima del dosel de la masa circundante o en zona descubierta y próxima a la parcela (no debiendo exceder una distancia de 2 Km)
- La altitud, orientación y pendiente debe ser la misma que la de la parcela (interior) de seguimiento.

Los dispositivos de medición deberán estar ubicados en una torre o mástil de como mínimo 10 m de altura. Se recomienda que la zona deforestada donde se ubica la estación (subparcela exterior) tenga un radio igual o mayor que el doble de la altura de la masa circundante.

2.2.-Localización de los dispositivos de medición dentro de la masa (hobbos y pluviómetros)

Las variables meteorológicas relevantes dentro del bosque son la humedad del suelo para conocer la disponibilidad de agua para las plantas, la temperatura del suelo y la precipitación mediante pluviómetros, por lo que las estaciones de humedad y temperatura del suelo se ubican en la subparcela interior bajo cubierta.

3.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN METEOROLÓGICA.

3.1.-Recomendaciones técnicas generales

El equipo y los sensores deben estar en concordancia con la Organización Meteorológica Mundial (W.M.O.) y a ser posible compatible con las redes del servicio Meteorológico Nacional. Las estaciones son casi continuas en la adquisición de datos, y el almacenamiento de variables no será de más de una hora.

3.2.- Elementos de la estación meteorológica.

1. Antena
2. Sensores de : Dirección y Velocidad del viento
3. Radiación
4. Humedad relativa y Temperatura del aire
5. Pluviómetro automático
6. Panel solar
7. Estación de medida:
 - a. Módulo de distribución y protectores
 - b. Módulo de alimentación
 - c. Caja con sistema de adquisición de datos

3.2.1 Antena de 14.5 m.: El modelo utilizado en las parcelas de Nivel II es Televés 180 de base arriostrable. El mantenimiento es mínimo pero conviene no dejar que la base se inunde o se destensen los vientos, en el caso de observar alguna anomalía conviene avisar inmediatamente. (Ver Figura 1).



Figura 1. Detalle de la antena y sensores meteorológicos.

3.2.2.- Sensores de dirección y velocidad del viento: Se encuentran situados en la parte superior de la antena, pueden ser combinados en un solo cuerpo giratorio o cumplir su misión de forma separada. Los rangos y precisiones de los sensores son los siguientes:

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Rangos: 0 - 50m/s velocidad; 0 - 360° dirección

Precisión: ± 0.5 m/s velocidad; $\pm 5^\circ$ dirección



Figura 2. Sensores de dirección y velocidad de viento.

3.2.3.- Piranómetro termoelectrico (radiación): La medida de la intensidad de radiación se realiza por medio de piranómetros termoelectrico (Ver Figura 3); estos miden la radiación global, la incidente y la reflejada en un ángulo de 180°. Es de Clase 1 según OMM. Incluye nivel de burbuja para colocarlo horizontalmente. En su instalación debe orientarse al sur para evitar que la propia antena le dé sombra.



Figura 3. Piranómetro termoelectrico.

3.2.4.- Sensores humedad relativa y temperatura del aire. Los sensores a utilizar vienen de forma combinada dentro de un protector de radiación directa y difusa del sol por medio de un dispositivo de apantallamiento múltiple. Los sensores se sitúan dentro de una carcasa con ventilación natural para protegerlo de la luz. Los rangos y precisiones de los sensores son los siguientes

Temperatura:

Rango: -10 a +60°C

Precisión: $\pm 0.6^\circ\text{C}$

Humedad Relativa:

Rango: 0 - 100%

Precisión: $\pm 4\%$ (10 - 90% R.H.)



Figura 4. Sensor de Humedad relativa y Temperatura del aire.

3.2.5.- Pluviómetro automático: Es un pluviómetro de cazoletas basculantes destinados a la medida del volumen de precipitación, la intensidad y la duración del aguacero. (Ver Figura 5). En su instalación se debe tener en cuenta la perturbación que puede producir la antena en la recepción de la lluvia; se instala sobre un pie independiente de la antena y suficientemente alejado de esta, aunque conectado a la estación. La lluvia caída se mide en mm.

Resolución: 0.1 mm.

Precisión: 2% hasta 25 mm/h; 3% hasta 50 mm/h.

Superficie colectora: 200 cm².



Figura 5. Pluviómetro automático.

3.2.6.- Panel solar: Su misión es cargar el módulo de alimentación de la estación y sus características vienen determinadas en función del consumo de la estación y la situación geográfica (latitud y longitud).

3.2.7.- Estación de medida: Consta de tres módulos (Ver Figura 6):

3.2.7.1.- Módulo de distribución y protecciones.

Todos los cables de los sensores se conectan al módulo de distribución, siguiendo el esquema de la estación meteorológica, en ella se conecta también la toma de tierra de la estación.

3.2.7.2.- Módulo de alimentación.

Las estaciones se pueden alimentar con pilas alcalinas no recargables, pilas alcalinas recargables, baterías externas o red eléctricas. En nuestras estaciones se ha optado por instalar paneles solares conectados a baterías o a pilas alcalinas recargables. Se necesita un regulador de carga conectado entre el panel solar y el módulo de alimentación para conseguir un mayor rendimiento energético.

3.2.7.3.- Caja con Sistema de adquisición de datos (Data logger)

Es el aparato que lleva a cabo la adquisición, tratamiento y almacenamiento de los datos de los distintos sensores sobre soporte magnético. La unidad va muestreando todas las señales de modo secuencias, midiendo sus valores instantáneos y calculando los máximos, mínimos, medios, acumulables, etc., periódicamente a intervalos de tiempo programables.

Los datos están protegidos de la pérdida de carga por una batería de litio. La recuperación de datos se puede hacer de múltiples formas: mediante cartuchos de memoria externa, ordenador portátil a través de internase RS232, vía radio, internet, etc.

Los periodos de almacenaje, muestreo y calentamiento definen la forma de funcionamiento.

- Período de almacenaje: cada cuanto tiempo se almacena en la base de datos.
- Período de muestreo: Cada cuanto tiempo se realiza una lectura del parámetro. Con estas lecturas (valores instantáneos) se realizan los cálculos.
- Período de calentamiento: tiempo que tardan los sensores en estabilizarse desde el momento en que reciben la alimentación.



Figura 6. Estación de medida.

3.2.8 - Ejemplo de configuración de una estación:

CANALES DE ENTRADA:

CANAL	PARAMETRO	UNIDAD	RANGO	RESOLUCION
1	Vel. Viento	m/s	0 a 50	0.1
2	Dir. Viento	°Sexag	0 a 360	1
3	Temp. Aire	°C	-50 a 50	0.1
4	Hum. Relativa	%	0 a 100	1
5	Radiación gloval	W/m2	0 a 1500	1
6	Lluvia	mm	1	0.1
7	Batería Externa	V	0 15	0.1

Tabla 2: Estación: canales de entrada

3.3 - Elementos de las estaciones de humedad y temperatura del suelo

- 1.-Data logger
- 2.-Sensores humedad
- 3.-Sensores temperatura

La unidad de almacenamiento y proceso de datos (datta logger) proporciona energía a los sensores para su funcionamiento, a la vez que almacena datos hasta el momento de la extracción, que se realiza mensualmente en los viajes de recogida de datos



Figura 7: Unidad de almacenamiento y proceso de datos para extracción de datos de humedad y temperatura del suelo

La medición de la humedad del suelo proporciona información sobre la posible aparición de episodios de sequía específicos para las especies arbóreas.

Los sensores de humedad del suelo miden la constante dieléctrica del medio en función del cambio de voltaje del sensor embebido en el mismo.



Figura 8: Sensor de humedad del suelo



Figura 9: Sensor de temperatura

La humedad se mide en % porque expresa el volumen de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, y la temperatura en °C.

4.-MEDICIONES

Variables meteorológicas como temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento y radiación global son de obligada medición, ya que son esenciales para el cálculo de la deposición de contaminantes atmosféricos en las parcelas, así como su desviación por percolación al sistema radical. Generalmente, es suficiente la resolución diaria en los datos meteorológicos, por lo que las diferentes variables se suelen agrupar en medias diarias (00:00-24:00) (media aritmética del día completo). Pero, debido a que algunos modelos requieren datos por hora, también se recomienda enviar medias por hora. A continuación se detallan algunos aspectos concretos de las principales variables meteorológicas:

4.1.-Temperatura y humedad relativa del aire

Los sensores de humedad y temperatura del aire deberán estar protegidos de la radiación por una carcasa convenientemente ventilada, para garantizar la precisión de las mediciones ambientales. La altura ideal de montaje de los sensores es de 2 metros en la torre, orientación norte. La mediciones se tratan con medias (aritméticas de un periodo), así como valores mínimos (del periodo) o máximos (del periodo). La humedad relativa se mide en % y la temperatura en °C.

4.2.-Velocidad y dirección del viento

Las observaciones relacionadas con el viento son las más sensibles a los posibles obstáculos y topografía local- Por ello, los sensores de viento deberán estar instalados por encima del campo abierto, si es posible a una altura de 10 m sobre el suelo, en lo alto de la torre. Por encima de campo abierto significa que la distancia entre los sensores y el obstáculo o árbol más cercano debería ser al menos dos veces la altura de dicho árbol o árbol, con objeto de evitar las probables turbulencias de aire generadas por el árbol u obstáculo. La dirección del viento se mide en grados sexagesimales y la velocidad en m/seg. Para la velocidad del viento se requieren valores medios. La dirección del viento se debe informar como el viento predominante por unidad de tiempo. Se informa como el sector medido más frecuente (tabla 10).

4.3.-Radiación global

Se define radiación global como la radiación solar directa sumada a la radiación difusa del cielo en una superficie plana horizontal, comprendida en el ratio espectral de 0.3 a 3.0 μm . Se mide con los piranómetros, éstos estarán instalados en la torre, y el montaje de los sensores debe evitar sombras, superficies reflectantes y otras fuentes de radiación artificial. La orientación sur es la perfecta para evitar este tipo de interferencias. A diferencia de otras variables, la altura de instalación del sensor no es crucial para la precisión de las mediciones. Sin embargo, se recomienda la altura de dos metros para su correcto mantenimiento, calibración y limpieza. Se considerará la energía diaria (00:00-24:00) de la radiación como el valor medio de 24 horas y el máximo del día, ambos en W/m^2

4.4.-Precipitación

La precipitación es una variable que se mide también como parte de los muestreos de deposición (Ver Parte XIV, Muestreo de deposición), pero con una frecuencia de varias semanas. Es recomendable hacer un seguimiento de la variable precipitación en periodos más cortos de tiempo, para por ejemplo poder estimar la evapotranspiración, o la interceptación de la precipitación por parte de la cubierta arbórea. Los pluviómetros estarán instalados a una altura de 1 metro sobre el nivel del suelo. La precipitación se cuantifica como la suma de un periodo en mm.

La precipitación se puede medir tanto en campo abierto, como bajo cubierta. La diferencia entre ambas proporcionará una estimación de la precipitación interceptada por la cubierta arbórea. En este último caso, se pueden llegar a usar los mismos dispositivos que para el muestreo de deposición.

Hay dos clases de dispositivos para medir la precipitación en campo abierto: el pluviómetro de cubeta flotante o basculante (automático) y el pluviómetro de pesaje (manual), ambos miden la precipitación líquida total y la tasa de precipitación. El pluviómetro automático o basculante es un instrumento de uso común y es un instrumento relativamente preciso y confiable. Los errores de medición pueden ocurrir bajo fuertes lluvias porque la precipitación se pierde durante la acción de volcado. El medidor de lluvia manual tiene la ventaja de que todas las formas de precipitación se pesan y registran tan pronto como caen en el medidor, pero es mucho más sensible a los vientos fuertes.

4.5.-Humedad y temperatura del suelo

Las mediciones de la temperatura del suelo proporcionan información sobre las características térmicas del suelo, como la profundidad de penetración de helada, y los periodos de tiempo en los que el suelo permanece congelado. Se recomienda medir la temperatura al menos en dos profundidades, en intervalos de 0-20, 20-40 y 40-80 cm y hacerla coincidir con las mediciones de humedad. Además, se debe procurar localizar los sensores el suelo típico sin modificar dentro de la parcela. Debido a la gran variación espacial de las características del suelo, las mediciones deberían tener varias réplicas (al menos 2) en cada capa. Los sensores se deberán instalar en pleno contacto con la matriz del suelo.

Las mediciones de humedad del suelo proporcionan información muy valiosa sobre la incidencia de los periodos de sequía sobre las especies arbóreas. Se recomiendan al menos tres réplicas por capa, separadas a una distancia suficiente entre ellas. Deberían ubicarse, a las mismas profundidades que las definidas para la temperatura del suelo, siendo los lugares óptimos las zonas próximas a los sistemas radicales, o los horizontes edáficos más representativos. Si se lleva a cabo toma de muestras de solución del suelo mediante lisímetros (ver Parte XI del Manual), las profundidades de medición se harán a su vez coincidir (0-20, 20-40 y 40-80 cm y cuando el espesor del suelo del bosque (capa OF + OH) es superior a 5 cm, también se debe medir la humedad de la capa orgánica).

En cuanto a la humedad del suelo, es recomendable usar dos métodos complementarios: Tensiómetros para medir el potencial matricial del suelo (kPa), y TDR (*Time Domain Reflectometry*) para medir el volumen de agua. Si no se pueden hacer los dos, es preferible priorizar este último, ya que si se conoce la capacidad de

retención de agua del suelo, el potencial matricial se podría calcular. Para cada profundidad de cada réplica, los datos se promediarán.

En España tenemos 5 parcelas con sensores de humedad y temperatura, aunque únicamente la parcela 115 es completa y cumple todas las especificaciones requeridas en los manuales, en las 4 parcelas restantes tenemos instalado un sensor de humedad y T^a a 40 cm.

Para más información se puede consultar *Part IX-Meteorological measurements* ([https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP Manual 2016 01 part09.pdf](https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP%20Manual%202016%2001%20part09.pdf)) y el Anexo 1: Medición de variables meteorológica.

Sensor :	Altura de muestreo (m)
velocidad del viento	10 m
dirección del viento	10 m
temperatura del aire	2 m
humedad relativa del aire	2 m
radiación global	2 m (según convenga)
Radiación UV-b	2 m
precipitación	1 m (cerca del suelo)
precipitación del Stand	misma definición que en el Manual Parte XIV sobre deposición
temperatura del suelo	campo abierto: en 2 profundidades de -5, -10, -20, -50, -100, -150 cm stand plot: en intervalos de profundidad 0 – -20 cm, -20 – -40 cm, -40 – -80 cm
humedad del suelo	stand plot: en intervalos de profundidad 0 – -20 cm, -20 – -40 cm, -40 – -80 cm
presión atmosférica	2 m

Tabla 3: Requisitos de altura recomendados para la instalación de los sensores meteorológicos (ver Anexo 1 del Manual de ICP-Forests)

5.- EXTRACCIÓN DE LOS DATOS.

5.1.-Estación meteorológica

Se realiza una vez al mes aunque es necesario un chequeo de la estación cada vez que se visite la parcela. Para la extracción de los datos es necesario un ordenador portátil y el cable de comunicación entre ordenador y estación. La marca GEONICA, dependiendo de la antigüedad de la estación, suministra los programas de bajada de datos. Dependiendo de cuál sea, los pasos a seguir son:

5.1.1.- Programa teletxt

- 1.- Conecte el ordenador al meteodata.
- 2.- Entre en el directorio teletx y de a Teletrans.

- 3.- Pedir datos instantáneos teniendo en cuenta el número de estación.
- 4.- Pedir datos medios.
- 5.- Comprobar que están todos los archivos en la carpeta data. Los datos se guardan diariamente en archivos con la siguiente nomenclatura:
EEAAMMDD.ASC y EEAAMMDD.DAT.
EE: N° estación
AA: Año
MM: mes
DD: día

5.1.2.- Programa Teletrans

- 1.- Conecte el ordenador al meteodata.
- 2.- Entre en el directorio y de a autoexec
- 3.- Pedir datos instantáneos teniendo en cuenta el número de estación
- 4.- Pedir datos medios
- 5.- Comprobar que están todos los archivos en la carpeta database. Para ello se ejecuta la aplicación datagraph y se ven las lecturas diarias. Los datos se archivan en Access con el nombre de Meteostation.
- 6 Exportar los datos (aplicación del datagraph) de modo completo a otra base de datos y guardar.

5.1.3.-Ejemplo de la tabla de datos de una estación

La estación registra un valor cada 10 min (puede configurarse con otros intervalos, pero se ha elegido este para ser compatibles con las estaciones AEMET). En ese intervalo de 10 min hace una lectura cada 2 s, es decir, toma 300 observaciones de las que da min/max/med.

Fecha	Hora	V viento med	V viento max	V vientos	D viento med	D viento max	D vientos	T med	T max	T min	HR %	Rad med	Rad max	Lluvia (decmm)	Bat Ext
01/07/2002	00.00	20	43	9	77	68	26	94	95	94	91	0	0	0	130
01/07/2002	00.10	32	62	11	78	56	25	92	95	90	91	0	0	0	130
01/07/2002	00.20	25	51	10	95	109	32	88	91	86	95	0	0	0	130
01/07/2002	00.30	30	66	10	83	69	22	85	87	82	95	0	0	0	130
01/07/2002	00.40	36	66	11	80	85	24	81	83	80	97	0	0	0	130
01/07/2002	00.50	31	70	12	89	66	68	83	84	83	91	0	0	0	130
01/07/2002	01.00	37	85	13	66	47	25	83	84	82	91	0	0	0	129
01/07/2002	01.10	27	62	9	77	118	23	82	84	80	93	0	0	0	130
01/07/2002	01.20	22	51	9	85	105	24	78	80	77	95	0	0	0	130
01/07/2002	01.30	27	58	10	80	79	24	75	77	75	96	0	0	0	130
01/07/2002	01.40	28	55	10	100	93	31	77	79	76	93	0	0	0	130
01/07/2002	01.50	31	66	11	94	94	28	78	79	78	91	0	0	0	130
01/07/2002	02.00	27	55	9	105	94	30	79	80	79	89	0	0	0	130
01/07/2002	02.10	31	51	9	98	74	28	79	80	79	88	0	0	0	130
01/07/2002	02.20	26	55	9	99	98	28	79	80	78	88	0	0	0	130
01/07/2002	02.30	23	47	8	102	96	23	79	80	79	85	0	0	0	130
01/07/2002	02.40	21	40	7	104	108	18	80	81	80	82	0	0	0	130
01/07/2002	02.50	16	25	3	100	89	12	80	81	80	79	0	0	0	129
01/07/2002	03.00	15	36	5	102	115	19	80	82	79	77	0	0	0	129
01/07/2002	03.10	11	21	4	133	113	14	78	81	75	77	0	0	0	129
01/07/2002	03.20	5	21	5	165	147	27	74	76	74	77	0	0	0	129
01/07/2002	03.30	8	17	3	151	184	17	77	79	76	76	0	0	0	129
01/07/2002	03.40	0	10	1	161	155	18	77	79	76	77	0	0	0	130
01/07/2002	03.50	1	17	3	253	242	61	76	77	75	79	0	0	0	129

Tabla 4: Ejemplo de la tabla de datos de una estación

5.1.4.-Posibles problemas en la extracción de los datos.

Problema	Que hacer
Display apagado	Comprobar si le llega energía a del Panel solar (problema del panel) Comprobar todo el cableado desde el panel al meteodata Probar a conectar con la estación (puede ser solo problema del display)
El display no nos da los distintos parámetros al tocarlos	Comprobar si los datos instantaneos salen correctamente en el ordenador. (fallo en display)
Hay signos raros en el display	Intentar conectar con la estación para sacarle los datos antes de reconfigurar la estación
Los datos de un sensor no son correctos	Comprobar el cableado de ese sensor
El ordenador no conecta con la estación	Comprobar el nº estación Comprobar el puerto de conexión Comprobar si el cable es el correcto, si está seco (problemas con la lluvia)
No se han volcado todos los datos	Pedir "Recuperación de datos" en el programa y pedirles los días que falten

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Problema	Que hacer
Hay agua dentro del meteo data o problemas de corrosión en cables	Buscar la entrada de agua y tapparla

Tabla 5: Problemas de extracción de datos y posibles causas

5.2.-Sondas de humedad y temperatura del suelo

En la actualidad en la parcelas de Red II se lleva a cabo con el programa HOBOWARE, de descarga gratuita. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Abra el programa
- Conecte el PC a la estación
- Espere a que el PC detecte el equipo
- Descargue los datos sin parar el equipo para que las mediciones se hagan siempre a la misma hora y dar series homogéneas
- Extraiga y guarde los datos
- Compruebe las baterías

5.2.1.-Ejemplo de tabla de extracción de datos (datos brutos)

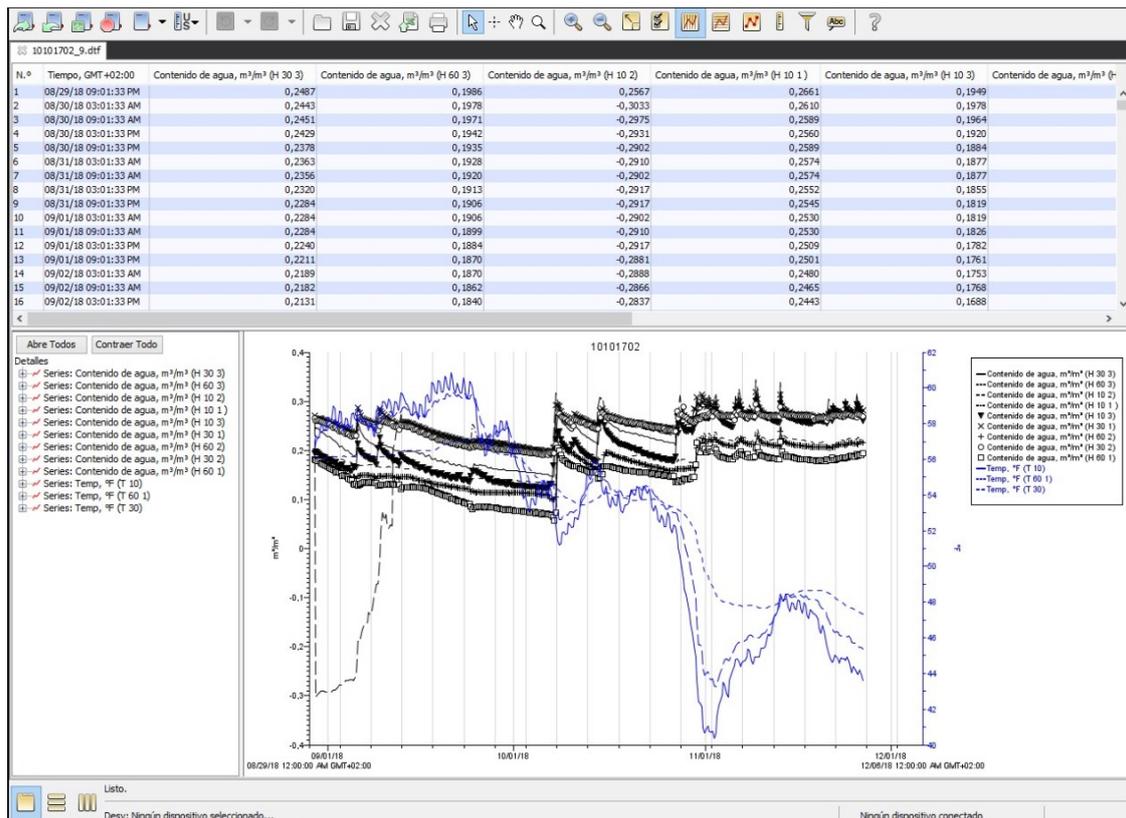


Tabla 6: Ejemplos de tablas de extracción de datos

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
 MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

6.-CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Es importante revisar la consistencia de los datos extraídos de las estaciones en cada periodo de observación, para calcular variables derivadas, para verificar los valores, rellenar huecos o decidir valores de reemplazo para errores evidentes, etc

6.1.-Control de calidad en campo

Es necesario garantizar el funcionamiento continuo de la instrumentación de forma fiable de cara a una producción de datos precisa, incluso en condiciones meteorológicas desfavorables. Es recomendable llevar un registro sobre el comportamiento de los aparatos. Estos deberían llevar asociados instrucciones claras sobre los procedimientos y periodos de tanto de calibración como de mantenimiento, en campo y en gabinete. La vida útil de los componentes debería ser conocida, para así poder llevar a cabo los recambios de forma eficiente y programada.

Los componentes electrónicos (cables, conectores...) se deberían revisar una o dos veces al año de forma general, mediante simulaciones electrónicas de señales de alarma de los sensores, de acuerdo con sus especificaciones. Las estaciones meteorológicas se revisarán con frecuencia, y los sensores se calibrarán a intervalos regulares. Se llevarán a cabo inspecciones oculares continuas para comprobar que los sensores están reflejando las condiciones climáticas reales (por ejemplo, comparando los valores con dispositivos manuales). Además, se verificará el suministro de energía, y la correcta operatividad tanto del data logger como de los sensores. Un listado de chequeo normalizado, con todos los aspectos a comprobar, optimizará las labores de seguimiento.

6.2.-Límites de plausibilidad

Se deberá comprobar que todos los parámetros medidos están dentro de los límites de plausibilidad:

Variable	Valores diarios	
	Límite inferior	Límite superior
Precipitación	0 mm	150 mm
Temperatura del aire	-50°C	+50°C
Humedad del aire	10%	100%
Radiación global	0 W/m ²	550 W/m ²
Velocidad del viento	0 m/s	40 m/s
Dirección del viento	0 °	360 °
Humedad del suelo: Potencial matricial	10 kPa	-150 kPa
Humedad del suelo: Contenido de agua	0 %	100 %
Temperatura del suelo	-20°C	+30°C
Precipitación bajo cubierta	0 mm	150 mm
Presión atmosférica	500 hPa	1 080 hPa

Tabla 7: Límites de plausibilidad

6.3.-Compleitud de datos

Comúnmente, las mediciones meteorológicas se llevan a cabo de una forma casi continua, y luego los datos se agregan en valores diarios (mediante medias o sumas). Dependiendo de las características del parámetro, los requerimientos de completitud son mayores o menores: Parámetros con mayor fluctuación durante el día requieren de una mayor completitud que otros

La precipitación diaria se podrá calcular únicamente si se mide el día completo (completitud 100%). Si hay certeza de que no ha habido precipitación durante un determinado periodo de tiempo (por ejemplo, mediante la comparación con otros dispositivos de medición cercanos), esos huecos se rellenarán con 0. Para la gran mayoría del resto de los parámetros, la completitud se establece en 95%, y será tolerable para calcular valores diarios. Esto significa que los huecos aislados no podrán ser superiores a una hora. Como excepción, estarían los parámetros que se miden en el suelo, donde una completitud del 50% es tolerable para el cálculo de medias diarias

Variable	Grado mínimo de completitud diaria
Precipitación	100%
Temperatura del aire	95%
Humedad del aire	95%
Radiación global	100% en periodo de luz solar
Velocidad del viento	Max=100%, media= 95%
Dirección del viento	95%
Humedad del suelo: Potencial matricial	50%
Humedad del suelo: Contenido de agua	50%
Temperatura del suelo	95%
Precipitación bajo cubierta	100%

Tabla 8: Grado mínimo de completitud de los datos, para cálculo de valores diarios

7.- MANEJO DE DATOS

Los datos enviados se agregan de forma obligatoria a diario (00:00 a 24:00) y, opcionalmente, además los valores por hora (por ejemplo, 00:00 a 01:00, 01:00 a 02:00...) (suma o promedio / media, min y max., respectivamente). Mientras que los datos diarios deben presentarse validados y rellenos, es aceptable el envío de datos por hora. En la Tabla 9 se ofrece una descripción general de la agregación y las unidades para el envío de datos diarios. Para los datos por hora, es suficiente enviar los valores medios y de suma, respectivamente.

	Variable	Unidades	Medio	Suma	Min.	Max.	Observaciones
PR	Precipitación	(mm)		x			Precipitación total (incluyendo nieve, etc.)
A (AT)	Temperatura del aire	(°C)	x		x	x	
RH	Humedad relativa del aire	(%)	x		x	x	
WS	Velocidad del viento	(m/s)	x			x	
WD	Dirección del viento	(°)	x				Dirección predominante del viento (0 = Norte, 270 = Oeste) (ver tabla 10)
SR	Radiación Global	(W/m ²)	x				
UR	Radiación UV-b	(W/m ²)	x				
TF	Throughfall	(mm)		x			suma de valores diarios
SF	Stemflow	(mm)		x			para ser recalculado de litros a mm
ST	Temperatura del suelo	(°C)	x		x	x	
MP	Potencial matricial del suelo	(kPa)	x		x	x	
WC	Contenido de agua del suelo	(Vol %)	x		x	x	
AP	Presión atmosférica	(hPa)	x		x	x	

Tabla 9: Definición de variables, unidades y agregación para el envío de datos diarios.

Valor	Sector	Valor	Sector
30	15° - 44°	210	195° - 224°
60	45° - 74°	240	225° - 254°
90	75° - 104°	270	255° - 284°
120	105° - 134°	300	285° - 314°
150	135° - 164°	330	315° - 344°
180	165° - 194°	360	345° - 14°

Tabla 10: Dirección del viento: se informa como el sector medido más frecuente

8.- MANUAL DE REFERENCIA Y BASE DE DATOS DE ICP-FORESTS

El Manual de referencia de ICP-Forests es *Part IX-Meteorological measurements* (<https://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/8952278491?profile=original>).

El código o abreviatura del muestreo en la base de datos “crecimientos” es MM (*Meteorological Measurements*). La toma de datos de los dispositivos se lleva a cabo de manera mensual, y la introducción de los datos en la base es con periodicidad diario

Variable	Red II ICP-Forests “core”	Red II España	Unidad	DQO	Resolución de la medición
Precipitación (PR)	m	√	mm	La mayor de 5 % o 0.1 mm *	0.3 mm
Temperatura del aire (A/AT)	m	√	°C	0.2 °C *	0.1 °C
Humedad relativa del aire (RH)	m	√	%	3 % *	
Radiación global (SR)	m	√	W/m ²	0.4 MJ/m ² or 5 W/m ² for ≤ 8 MJ/m ² or ≤ 93 W/m ² ; 5% for > 8 MJ/m ² or > 93 W/m ² *	10 W/m ²
Velocidad del viento (WS)	m	√	m/s	0.5 m/s for ≤ 5 m/s, 10% for > 5 m/s *	0.1 m/s
Dirección del viento (WD)	m	√	Grados angulares	5.0 ° *	1.0 °
Humedad del suelo: Potencial matricial (MP)	m		kPa	± 0.5 kPa	
Humedad del suelo: Contenido de agua (WC)	m	√	Vol %	± 3 %	
Temperatura del suelo (ST)	m	√	°C	0,2 °C	0.1 °C
Precipitación por	m		mm	Misma definición	0.3 mm

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Variable	Red II ICP-Forests "core"	Red II España	Unidad	DQO	Resolución de la medición
trascolación o escurrimiento del tronco				que en la Part XIV Manual de Deposición	
UV-b-radiación	o		W/m ²	Sin especificación	
Presión atmosférica	o		hPa	0.3 hPa *	0.1 hPa

Tabla 11 Variables, obligatoriedad, unidades, DQO y Resolución

DQO = Objetivo de calidad de datos (precisión mínima aceptable) para las mediciones

* Según WMO 2008 No. 8

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**COMISIÓN ECONÓMICA PARA EUROPA DE NACIONES UNIDAS
CONVENIO MARCO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA TRANSFRONTERIZA**

PROGRAMA INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO
Y LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LOS BOSQUES

MANUAL RED CE DE NIVEL II

RED DE PARCELAS PERMANENTES PARA EL SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES.

MÉTODOS Y CRITERIOS PARA HOMOGENEIZAR LA EVALUACIÓN, TOMA DE MUESTRAS, SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y OTROS FACTORES DE DECAIMIENTO SOBRE LOS BOSQUES.

PARTE IX

TOMA DE DATOS METEOROLÓGICOS

ANEXOS



Área de Inventario y Estadística Forestal (AIEF)

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICA FORESTAL (AIEF)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN.
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Anexo I: Estructura de los archivos, descripción de campo y códigos empleados

Los formatos de la base1 de datos que se rellenan en España son:

PLM: Datos de los dispositivos de medición

- **Código del país:** El código asignado para España es el 11
- **Código de la parcela:** El código de cada parcela está formado por un número y la abreviatura de la especie que caracteriza la parcela Qi (*Quercus ilex*), Ppa (*Pinus pinea*), Ps (*Pinus sylvestris*), Qpy (*Quercus pyrenaica*), etc.
- **Código del instrumento de medición:** Los instrumentos de la parcela reciben un número único que no debe cambiar con el tiempo. Los códigos utilizados en España son:

Código	Variable
01	WS: Velocidad del viento
02	WD: Dirección del viento
03	SR: Radiación global
04	AT: Temperatura del aire
05	RH: Humedad relativa del aire
06	PR: Precipitación
11 - 19	WC: Contenido de agua en el suelo (diferentes profundidades)
21 -23	ST: Temperatura del suelo (diferentes profundidades)

- **Localización del instrumento:** Detalla la localización en la que se encuentra el aparato:
 F: Campo abierto
 S: Bajo cubierta
 O: Otros
 W: Estación meteorológica
- **Latitud y Longitud:** Se anotarán seis dígitos completos las coordenadas geográficas de latitud y longitud correspondientes al centro de la parcela de

¹ Para más información sobre la descripción de cada campo, consultar: <https://icp-forests.org/documentation/>

observación, medidos con GPS o restituidas en plano (foto aérea de gran detalle). Ejemplo:

	+/-	Grados		Minutos		Segundos	
Latitud	+	5	0	2	0	2	7
Longitud	-	0	1	1	5	3	2

- **Altitud:** En clases de 50 m. Ver Parte I, Archivo PLT
- **Variable:** Se escribirá el código de la variable medida con el instrumento de medición:

Código	Descripción	Unidad	Obligatorio Nivel II	Obligatorio Nivel II Core
AP	Presión atmosférica	hPa		
A (AT)	Temperatura del aire	°C	X	X
BR	Radiación biológicamente relevante	μEinstein		
MP	Humedad del suelo: Potencial matricial	KPa		X
NR	Radiación neta			
PR	Precipitación	mm	X	X
RH	Humedad relativa del aire	%	X	X
SF	Stemflow	mm		
SR	Radiación global	W/m²		
ST	Temperatura del suelo	°C		X
TF	Trascolación	mm		
UR	Radiación UV b	W / m ²		
WC	Contenido de agua en el suelo	mm		X
WD	Dirección del viento	angular degree	X	X
WS	Velocidad del viento	m/s	X	X

Nota: Están en negrita las variables que se toman en España

- **Altura del dispositivo (Vertical position):** Posición vertical en metros, + altura sobre el suelo y – profundidad bajo el mismo
- **Tipo de grabado de datos (instrument):** En la Red de Nivel II estatal, a todos los dispositivos les corresponde un código 50 (grabado digital contenido en data logger)

Código	Descripción
10	Lectura manual y grabación en papel.
20	Grabación mecánica (lectura manual y grabación en papel)
30	Grabación directa en papel
40	Grabación digital (en situación independiente)
50	Grabación digital (datalogger integrado)

- **Intervalo de medición (scanning):** Intervalo de escaneo: Cada cuantos segundos el dispositivo toma el dato
- **Intervalo de almacenaje (minutos):** Intervalo entre dos momentos consecutivos de almacenamiento de datos: Cada cuantos minutos almacena el dato
- **SW_pit:** ID del punto donde se toman las mediciones de humedad y temperatura del
- **Fecha de comienzo anual de seguimiento:** Si el dispositivo funciona con normalidad, suele coincidir con el 1 de enero (DDMMYY).
- **Fecha de comienzo anual de seguimiento:** Si el dispositivo funciona con normalidad, suele coincidir con el 31 de diciembre (DDMMYY).
- **Días de medición:** Número de días (de medición) en el período de monitoreo. Si el dispositivo funciona con normalidad, debería ser 365.
- **Descripción del dispositivo:** Texto explicativo sobre la naturaleza del dispositivo
- **Observaciones**

MEM: Mediciones meteorológicas

- **Código de la parcela:** Idem anterior
- **Código del instrumento de medición:** Idem anterior
- **Variable:** Idem anterior
- **Fecha de la observación:** Formato DDMMAA
- **Valores medios diarios:** Suma para precipitación, y medias para el resto (ver tabla 9 y 10)

- **Valor mínimo diario** de la variable (ver tabla 9)
- **Valor máximo diaria** de la variable (ver tabla 9)
- **Compleitud de las mediciones:** Se trata de un indicador que informa sobre la cobertura de la toma y almacenamiento de datos, en %(100% completitud total).²
- **Origen del dato:** Según los códigos 1 (dato medido con instrumentos descritos en el formulario PLM), 2³ (datos tomados de estaciones meteorológicas cercanas), 3 (dato procedente de un modelo con el objeto de rellenar huecos), 4 (datos modelizados), 9 (sin datos).
- **Estado (*status*):** (1) Dato bruto, sin calibrar, 2 (Dato validado, sin calibrar), 3 (Dato validado, calibrado), 9 sin datos.
- **Otras observaciones**

² Ejemplo: Un día completo tiene 144 observaciones (una cada 10 min). Si hay 72 datos, la completitud es del 50%.

³ Si se produce algún hueco en la toma de datos, está permitido rellenarlo con datos de estaciones meteorológicas cercanas (AEMET...)