

# SIMANF{}R

*Modelos forestales*

**Aitor Vázquez Veloso**

Marzo de 2024





SIMANF{R}

introducción

web

publicaciones

SIMANF{R}

inventarios

escenarios

modelos

resultados



# Cómo crear tu inventario con datos del IFN

Este es un ejemplo de cómo quedaría nuestro **inventario**.

Vamos ahora a ver cómo rellenar los datos de la hoja “**Parcelas**”.

ID_Inventario	ID_Parcels	ID_arbol	especie	factor_expansion	dbh	h	g
IFN	24_2355_N_N	11	43	14.1	15.8	10.5	196.1
IFN	24_2355_N_N	9	43	31.8	16.3	10.0	208.7
IFN	24_2355_N_N	8	43	31.8	12.9	9.0	130.7
IFN	24_2355_N_N	24	43	31.8	14.4	9.5	162.9
IFN	24_2355_N_N	16	43	31.8	19.9	8.0	311.0
IFN	24_2355_N_N	1	43	31.8	13.5	7.0	143.1
IFN	24_2355_N_N	23	43	31.8	15.3	9.0	183.9
IFN	24_2355_N_N	24	43	127.3	12.6	7.0	124.7
IFN	24_2355_N_N	2	43	127.3	16.3	8.5	208.7
IFN	24_2355_N_N	26	43	127.3	8.9	7.5	62.2
IFN	24_2355_N_N	22	43	127.3	9.0	7.5	63.6
IFN	24_2355_N_N	21	43	127.3	10.9	6.5	93.3
IFN	24_2355_N_N	25	43	127.3	10.8	7.0	91.6
IFN	24_2355_N_N	3	43	127.3	8.7	8.0	59.4
IFN	24_2355_N_N	4	43	127.3	13.5	8.0	143.1
IFN	24_2355_N_N	5	43	127.3	7.8	5.5	47.8
IFN	24_2355_N_N	7	43	127.3	10.0	6.0	78.5
IFN	24_2355_N_N	10	43	127.3	7.6	4.0	45.4
IFN	24_2355_N_N	12	43	127.3	14.1	9.0	156.1
IFN	24_2355_N_N	13	43	127.3	10.0	6.5	78.5
IFN	24_2355_N_N	15	43	127.3	12.3	8.5	118.8
IFN	24_2355_N_N	14	43	127.3	14.5	8.0	165.1
IFN	24_2355_N_N	17	43	127.3	14.8	7.0	172.0
IFN	24_2355_N_N	20	43	127.3	9.5	8.0	70.9
IFN	24_2355_N_N	19	43	127.3	8.4	6.0	55.4
IFN	24_2355_N_N	18	43	127.3	10.6	5.0	88.2

# SIMANF{}R

*Modelos forestales*





- Modelización forestal
- Tipos de modelos forestales en SIMANFOR
- Nombres de los modelos forestales
- Contenido de los modelos forestales
- Recomendaciones de uso



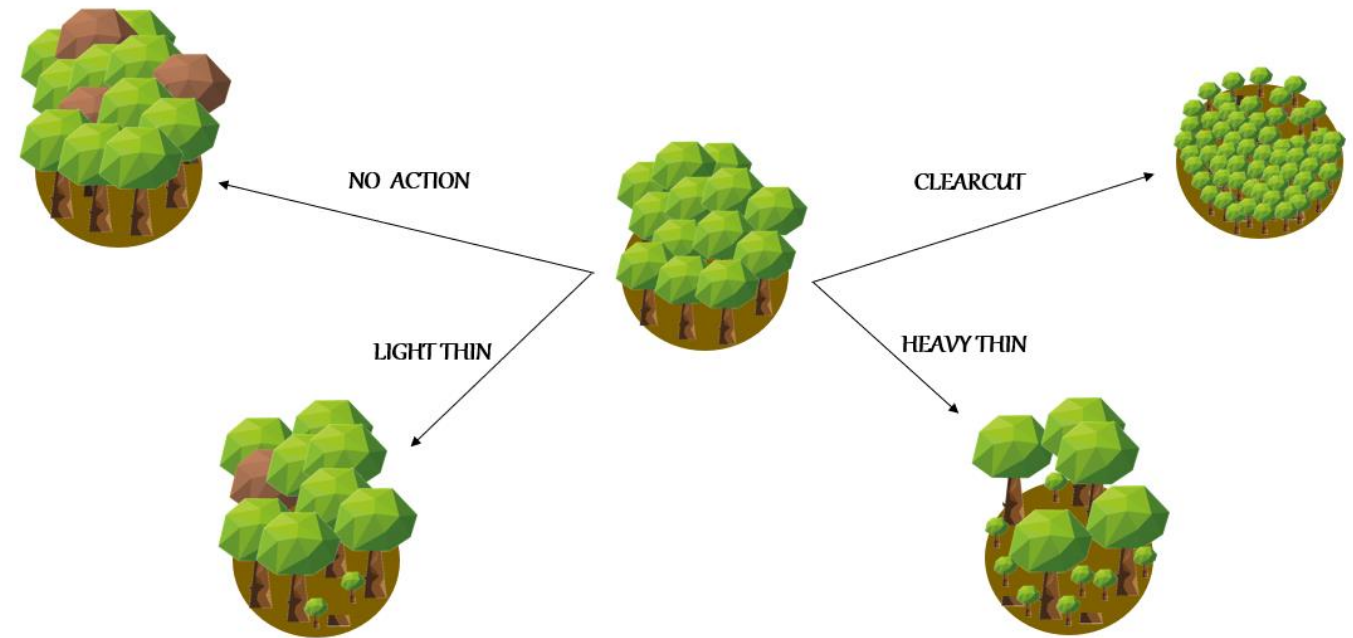
# *Modelización forestal*

*(para refrescar conceptos)*



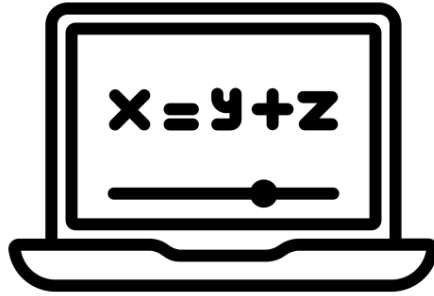
Para definir los tipos de modelos forestales usaré el [Glosario Técnico Forestal de la SECF](#), donde se define un modelo como “Una representación abstracta de objetos y sucesos del mundo real con el propósito de caracterizar un fenómeno o simular procesos y predecir resultados, p.e. modelos cuantitativos que utilizan como relaciones ecuaciones matemáticas.”

A partir de esta definición, podemos decir que la modelización forestal es la representación abstracta de una masa forestal que nos permite conocer cómo va a evolucionar ante diferentes escenarios.

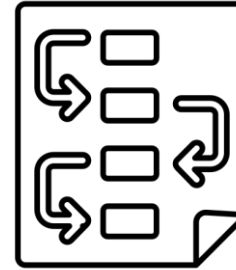




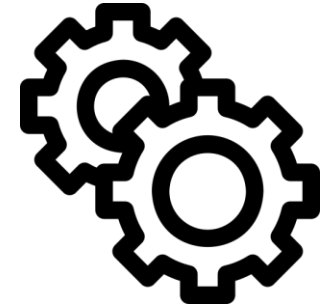
DATOS



MODELOS Y  
PARAMETRIZACIONES



FLUJO DE  
CÁLCULO



SIMULADORES



$$vcc = a(dbh)(h)^b$$

*Pinus sylvestris* / *Pinus pinaster*

$a = 0,0001272 / 0,0005646$

$b = 2,47914 / 1,99348$

1. dbh
2.  $h = f(dbh)$
3.  $Vcc = f(dbh, h)$

SIMAN  
F{tree}R

A modo de resumen, en **modelización forestal** se utilizan datos de diferentes variables de interés de los árboles como su diámetro normal (**dbh**) y su altura (**h**) para desarrollar **modelos** que nos permitan predecir otras variables de interés, como su volumen con corteza (**vcc**). Un mismo modelo puede ser adaptado para diferentes localizaciones, especies o situaciones para las que se vaya a aplicar recalculando sus **parámetros** pero manteniendo su estructura. Al desarrollar varios modelos podemos crear un **flujo u orden de cálculo** para, desde los datos iniciales, conseguir estimar otras variables de interés. Por último, todos estos modelos, parametrizaciones y flujos de cálculo pueden integrarse en sistemas llamados **simuladores**, que permiten ocultar a los usuarios la parte más complicada relacionada con cálculos y ofrecer la posibilidad de utilizar modelos de manera más agradable. Un ejemplo de ello es **SIMANFOR**.





# *Tipos de modelos forestales en SIMANFOR*



# Tipos de modelos forestales en SIMANFOR

SIMANFOR es una herramienta que permite el uso de **modelos forestales** de forma eficiente y sencilla.

A modo de resumen general, en SIMANFOR hay disponibles distintos tipos de modelo:

- Modelos de **árbol individual** para masas **puras** (A) y **mixtas** (B)
- Modelos de **masa** (C)

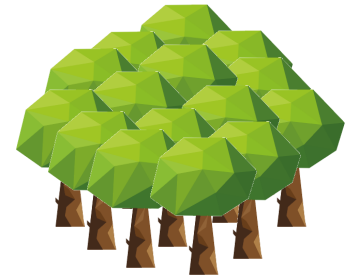
A



B



C





Para definir los tipos de modelos forestales usaré el [Glosario Técnico Forestal de la SECF](#), donde se definen los siguientes términos:

## modelo

Una representación abstracta de objetos y sucesos del mundo real con el propósito de caracterizar un fenómeno o simular procesos y predecir resultados por ej., modelos cuantitativos que utilizan como relaciones ecuaciones matemáticas.

l: *model*

## modelo de masa

(*Dasom. & Selv.*) Sin.: modelo de rodal.

l: *stand model*

## modelo de rodal

(*Dasom. & Selv.*) Modelo de simulación de masas forestales que predice la evolución de variables de masa o rodal (crecimiento, mortalidad, regeneración y los cambios asociados de un rodal). Nota: Las entradas al modelo son también generalmente variables de masa como la especie, densidad, edad, calidad de estación, y tratamientos selvícolas; las salidas consisten en tablas de rodal con el número de pies y volúmenes por clases diamétricas y tipos de productos a la edad fijada. Sin.: modelo de masa

l: *stand dynamics models*





A ellos, hay que añadir:

- **modelo de árbol individual**

Modelo de simulación de masas forestales que predice la evolución de variables de cada árbol que compone la masa y la propia masa (en comparación con los modelos de masa, estos utilizan y calculan a mayores variables de árbol)

Por otro lado, estos modelos de árbol individual pueden utilizar para sus cálculos la posición del árbol en la parcela, incluyendo el cálculo de variables como la competencia. En este caso hablamos de **modelos dependientes de la distancia**, mientras que se denominan **modelos independientes de la distancia** aquellos que no incluyen la posición del árbol en la parcela para sus cálculos.

Es importante destacar también si los modelos fueron desarrollados para una única especie (**puros**) o para una determinada mezcla de especies (**mixtos**).

Por último, también es necesario hacer una puntualización respecto a las capacidades de los modelos de proyectar los cálculos en el tiempo. Hablamos de **modelos dinámicos** cuando son capaces de predecir el crecimiento de los árboles o la masa y por tanto proyectar su estado en un momento futuro, y de **modelos estáticos** cuando no incluyen cálculos de crecimiento, y por tanto solo permiten realizar cálculos para un momento conocido.

Conociendo estos conceptos, ahora podrás entender mejor los modelos incluidos en **SIMANFOR**.



SIMANFOR utiliza varios tipos de modelos forestales:

- Modelos **dinámicos** de árbol individual independientes de la distancia para masas puras
- Modelos **dinámicos** de árbol individual independientes de la distancia para masas mixtas
- Modelos **estáticos** de árbol individual independientes de la distancia para masas puras
- Modelos **estáticos** de árbol individual independientes de la distancia para masas mixtas
- Modelos **dinámicos** para masas puras
- Modelos **estáticos** para masas puras

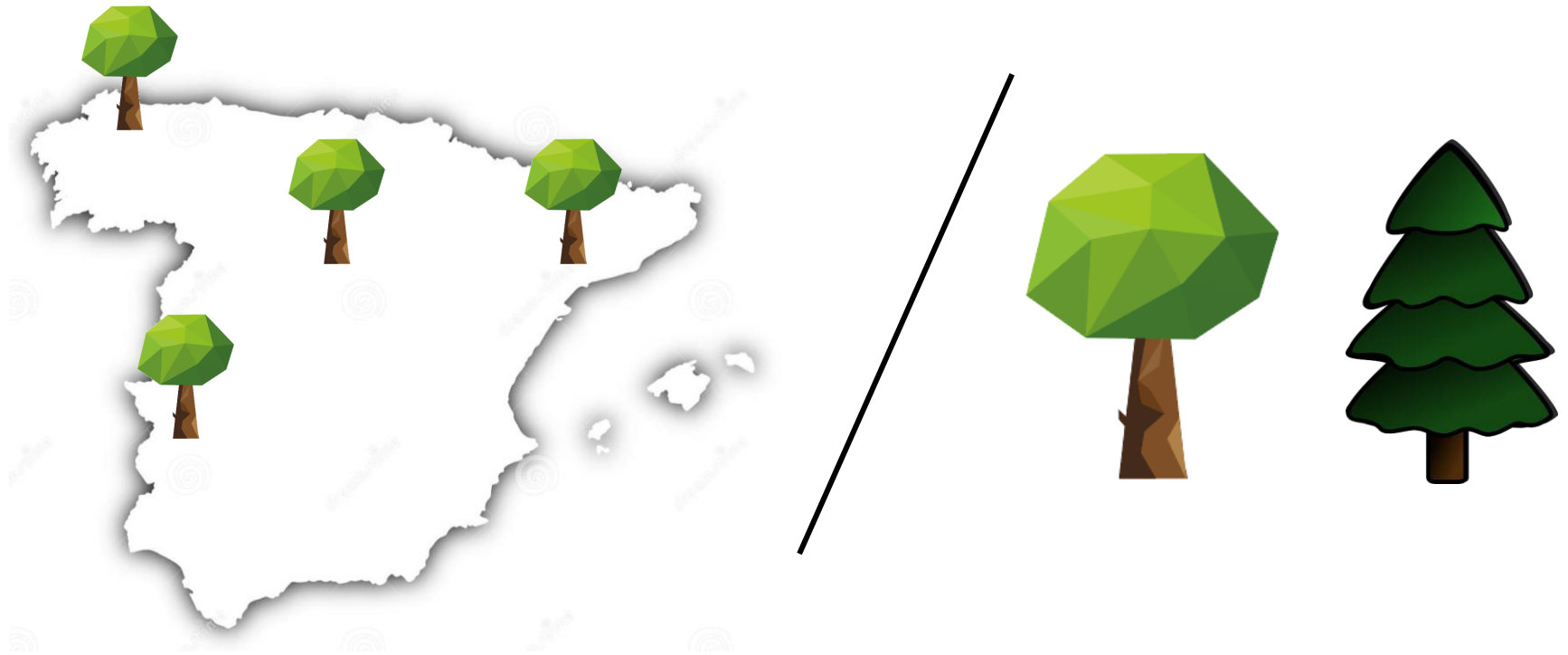
Además, SIMANFOR incluye también modelos de corta de 3 tipos:

- Modelos de corta sistemática
- Modelos de corta por lo bajo
- Modelos de corta por lo alto



# Tipos de modelos forestales en SIMANFOR

SIMANFOR utiliza el mismo **modelo** (estructura y flujo de cálculo) con diferentes **parametrizaciones** dependiendo de la **localización** y la **especie** de la que queramos realizar los cálculos, puesto que su comportamiento no es el mismo.





Para ver de qué tipo de modelo se trata tendrás que dirigirte a la segunda columna (**DESCRIPCIÓN**) y poner tu cursor sobre el contenido para verlo entero.

IBEROPS origina...	IBEROPS: modelo_...	projection	stable	models.trees.Ps...	PinusSylvestris...	EXECUTION	Pinus sylvestri...	Sistema Ibérico...	5	-	<div>Editar</div> <div>Borrar</div> <div>Editar</div>
--------------------	---------------------	------------	--------	--------------------	--------------------	-----------	--------------------	--------------------	---	---	---

IBEROPS: modelo de crecimiento de árbol individual para Pinus sylvestris en el Sistema Central y Sistema Ibérico - parametrización original



# *Nombres de los modelos forestales*





# Nombres de los modelos forestales

Los **nombres de los modelos** disponibles en SIMANFOR llevan una denominación común que sigue el siguiente orden:

- Nombre de la especie (o nombre del modelo si su desarrollador le ha dado uno)
- Lugar para el que fue desarrollado
- Versión
- \*Identificación de modelos de **masa** o **mixtos** (los restantes modelos se sobreentiende que son modelo de árbol individual y puros)

A la derecha puedes ver algún ejemplo.

Qpyrenaica      Modelo de creci...    projection  
Cast...  
Qpyrenaica Castilla y León

Qpyrenaica Castilla y León

IBEROPS calibra...    IBEROPS: modelo...    projection  
IBEROPS calibrado

IBEROPS calibrado

Masas mixtas de...    Modelo de creci...    projection  
Masas mixtas de España

Masas mixtas de España



# *Contenido de los modelos forestales*

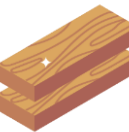
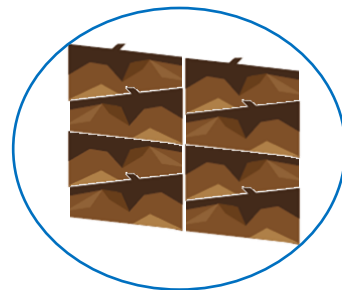
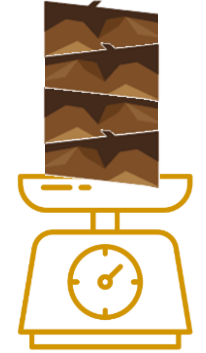


# Contenido de los modelos forestales

El **contenido** varía mucho de un modelo a otro dependiendo de la información (ecuaciones de cálculo) disponible para cada parametrización (especie y localización). No obstante, cada **modelo** lleva asociada una **ficha descriptiva** que podrás encontrar [aquí](#) buscando por el nombre del modelo.

Todos los modelos incluyen cálculos de **variables estáticas** (para un momento puntual), entre ellas variables de **copa**, cálculo de **volumen** con/sin corteza, **biomasa** para las diferentes partes del árbol, **clasificación** de la madera según sus destinos, e incluso productos forestales no maderables como piñón o setas.

Además de esto, los **modelos dinámicos** incluyen 3 cálculos fundamentales (siguiente página).





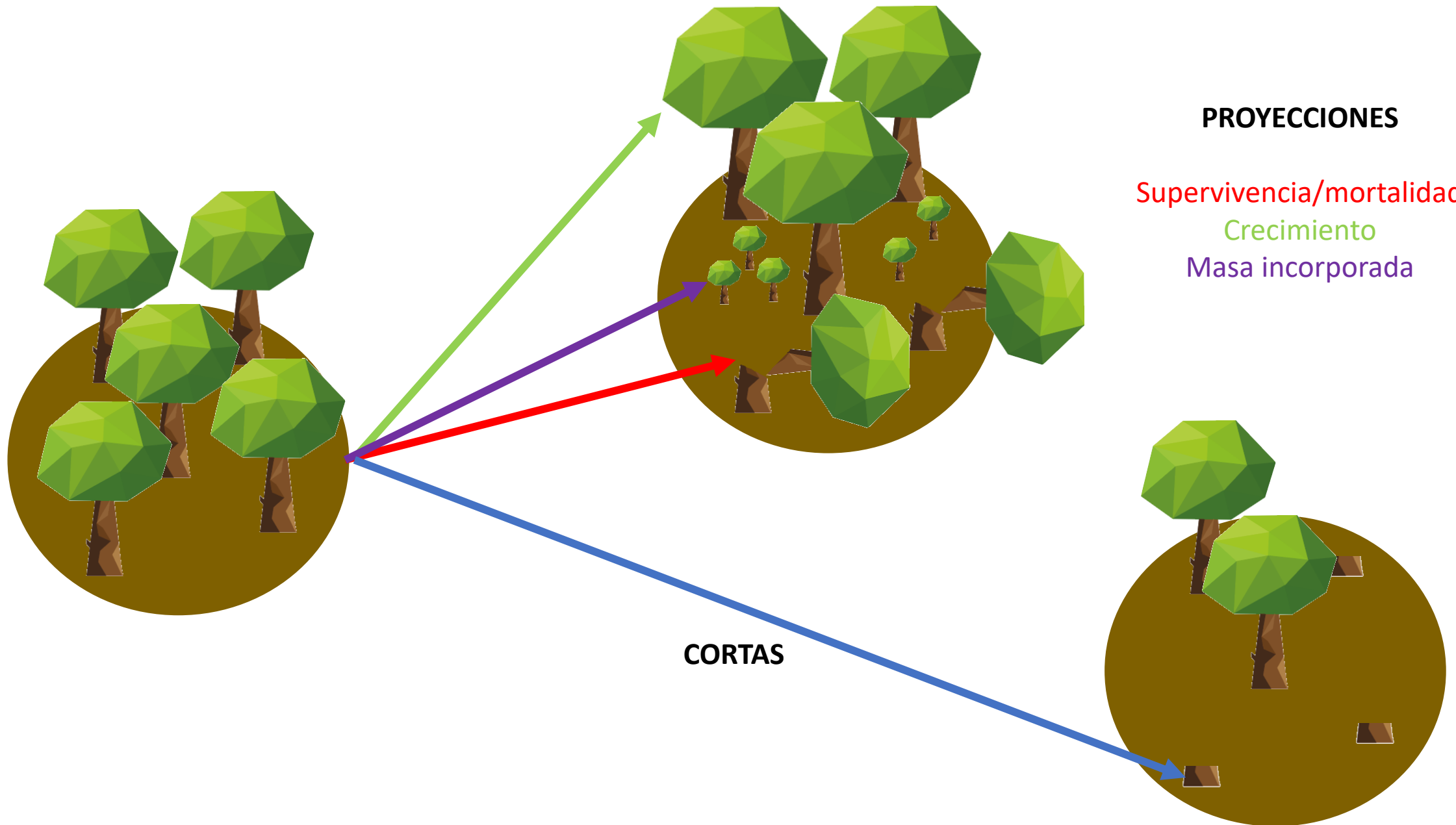
# Contenido de los modelos forestales

## PROYECCIONES

Supervivencia/mortalidad

Crecimiento

Masa incorporada





## PROYECCIONES

Las ecuaciones que permiten realizar las proyecciones son las siguientes (en este orden):

- **Supervivencia/mortalidad**

Submodelo que determina si un árbol continua **vivo** o no en el momento al que se proyecta (actúa sobre su factor de expansión; este submodelo puede no estar disponible)

- **Crecimiento**

Submodelo que determina, tras conocer la mortalidad, cuanto **crece** cada uno de los árboles (obligatoria para modelos dinámicos)

- **Masa incorporada**

Submodelo que determina, tras conocer la mortalidad y crecimiento de cada árbol, cuantos árboles van a **incorporarse** a la masa (este submodelo puede no estar disponible)





## CORTAS BÁSICAS

Cada modelo de masa tiene sus propias ecuaciones de corta (siempre sistemáticas, dado que no hay registro de árboles), mientras que para los modelos de árbol individual las cortas actúan sobre el factor de expansión y se clasifican en:

- Tipo de corta (sobre qué árboles se actúa)
  - Sistemática: elimina la misma proporción de cada árbol
  - Por lo alto: elimina los árboles más grandes de la parcela
  - Por lo bajo: elimina los árboles más pequeños de la parcela
- Criterio de corta (variable a la que se aplica la intensidad de corta)
  - Número de árboles: intensidad de corta aplicada a la densidad de la parcela
  - Área basimétrica: intensidad de corta aplicada al área basimétrica de la parcela
  - Volumen: intensidad de corta aplicada al volumen de la parcela
- Intensidad de corta (%)

La intensidad de corta determina qué porcentaje de nuestros árboles se va a extraer





## CORTAS AVANZADAS

Algunos modelos de corta son más complejos y requieren introducir un mayor número de campos además de los ya mencionados anteriormente. Aquí un resumen:

- Cortas por lo alto/bajo y sistemáticas por especies:
  - Permiten realizar cortas con más detalle en **masas mixtas**, seleccionando la **especie** sobre la que queremos actuar
  - Necesitan rellenar el campo “**species**” en la pantalla de creación del escenario. Este campo se debe de cubrir con el código del IFN ([ver documentador](#)) de la especie sobre la que queremos realizar la corta
  - Además, necesitan rellenar el campo “**volume\_target**” en la misma pantalla. En él tenemos un desplegable que nos deja seleccionar “**Parcela**” o “**Especie**”, haciendo referencia a si la intensidad de corta planteada la queremos calcular sobre todos los árboles de la parcela (“**Parcela**”) o sobre todos los árboles de la especie objetivo (“**Especie**”), lo cual varía en el total de árboles extraídos. El valor por defecto es “**Parcela**”

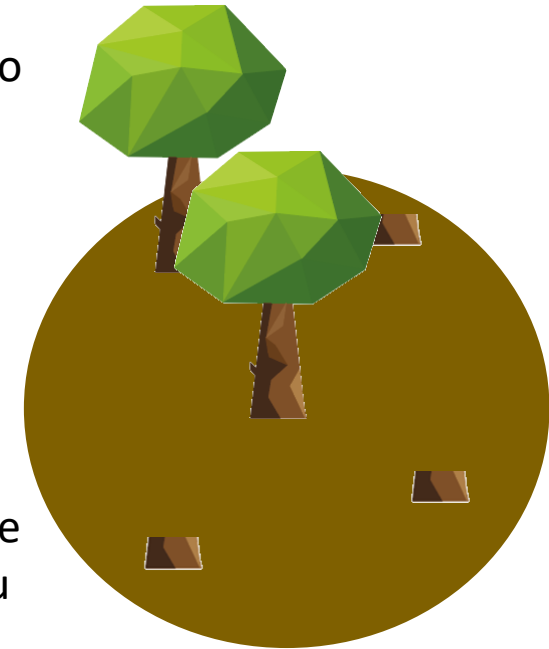




## CORTAS AVANZADAS

Algunos modelos de corta son más complejos y requieren introducir un mayor número de campos además de los ya mencionados anteriormente. Aquí un resumen:

- Cortas por lo alto y sistemáticas con árboles de futuro:
  - Permiten identificar **árboles objetivo** que queremos mantener en la masa, normalmente de gran porte, y eliminar árboles de menor tamaño que, en cierto modo, estén compitiendo con ellos
  - Necesitan rellenar el campo **“preserve\_trees”** de la pantalla de configuración de escenario con un valor entre **0 y 100**, haciendo referencia al porcentaje que árboles de mayor tamaño que queremos preservar (no extraer) en la corta. Su valor por defecto es **15%**



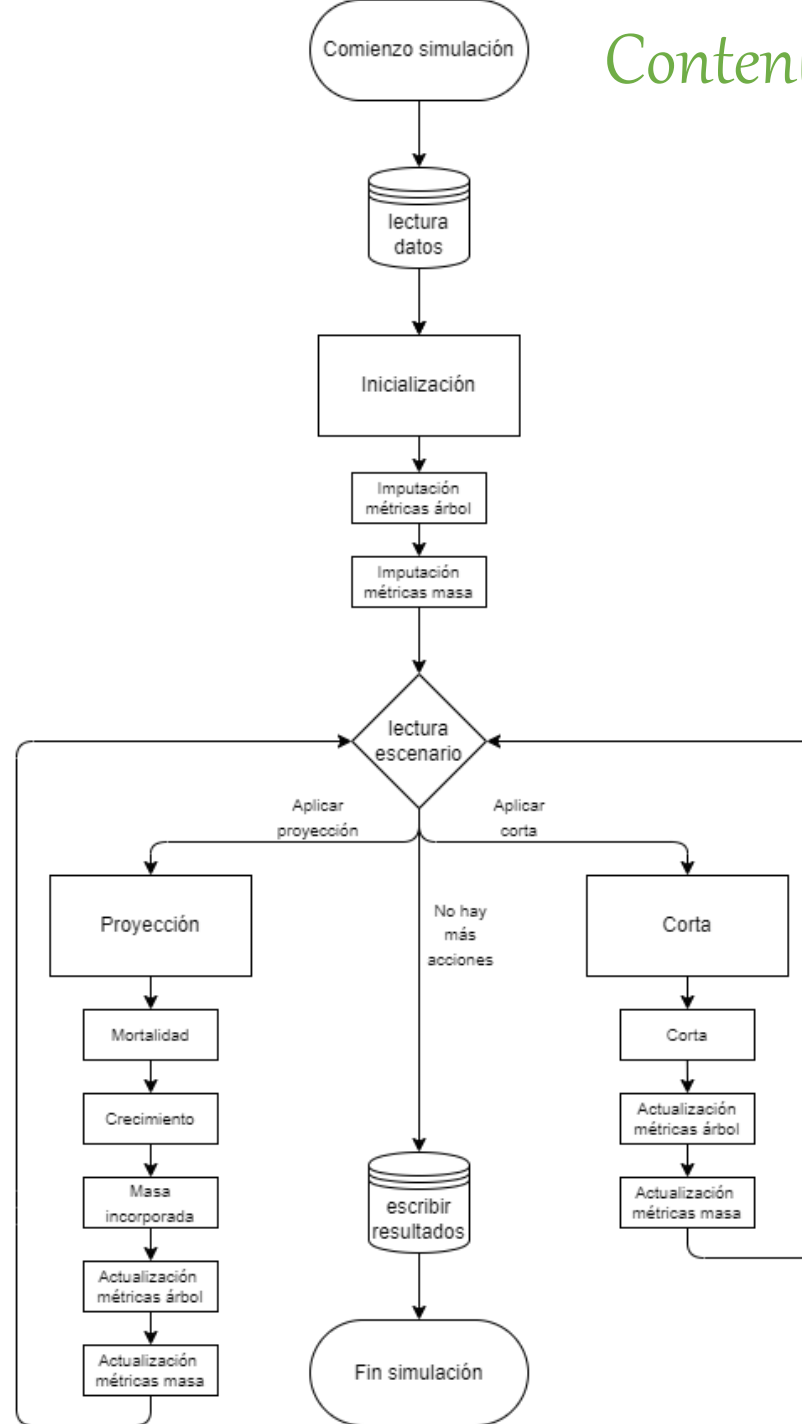




## FLUJO DE TRABAJO

A modo de resumen, este sería el **flujo de trabajo** de SIMANFOR:

- Tras una **inicialización**, donde se imputan (calculan) variables que no están disponibles en nuestro inventario inicial, comienza la lectura del escenario
- Cuando seleccionamos una **proyección**, entonces se activan (en este orden) los módulos de **mortalidad**, **crecimiento** y **masa incorporada**, y tras ello las variables de árbol y masa son recalculadas.
- Cuando seleccionamos una **corta**, entonces entran en juego los módulos de **corta** y tras ello las variables de árbol y masa son recalculadas.





Estos son los contenidos que tienen los modelos forestales, pero... ¿cómo se incorporan estos cálculos al simulador?

**¡Buena pregunta!**

Aunque se escapa de la finalidad de este documento, me gustaría dar una pequeña pincelada sobre este tema. **SIMANFOR** consiste en un **gran conjunto de archivos**, la gran mayoría programados en lenguaje **Python**, interconectados y con funcionalidades diferentes. Dentro de este ecosistema de código están los **modelos** que podemos ver en la página web. En ellos, cada cálculo se compone de una o varias ecuaciones extraídas de **publicaciones científicas** y **programadas en lenguaje Python**, que utilizarán los datos de tu inventario para hacer cálculos y, a su vez, proporcionar esa información a las siguientes ecuaciones del modelo, **¡EXCITANTE!** Todas las ecuaciones que componen cada modelo están recogidas en sus **fichas**. Si quieres crear, modificar o diseñar tu propio modelo solo tienes que **contactarnos**.

$$d_{i5} = e^{-0,37110 + 0,2525 * \ln(d * 10) + 0,7090 * \ln\left(\frac{cr + 0,2}{1,2}\right) + 0,9087 * \ln SI - 0,1545 * \sqrt{G} - 0,0004 * \frac{bal^2}{\ln d * 10}} / 10$$

$$h_{i5} = e^{3,1222 - 0,4939 * \ln(d_{i5} * 10) + 1,3763 * \ln SI - 0,0061 * bal + 0,1876 * \ln(cr)} / 100$$

```
def growth(self, time: int, plot: Plot, old_tree: Tree, new_tree: Tree):
    """
    Tree growth function.
    A function that updates dbh and h by using growth equations, and also update age, g, and v to the new situation.
    Source:
        Doc.: Lizarralde I (2008). Dinámica de rodales y competencia en las masas de pino silvestre (Pinus sylvestris L.)
        y pino negral (Pinus pinaster Ait.) de los Sistemas Central e Ibérico Meridional. Tesis Doctoral. 230 pp
        Ref.: Lizarralde 2008
    """

    try: # errors inside that construction will be announced

        if old_tree.specie == Model.specie_ifn_id: # specie condition

            new_tree.sum_value('tree_age', time)

            if plot.si == 0:
                dbhg5: float = 0
            else:
                dbhg5: float = math.exp(-0.37110 + 0.2525 * math.log(old_tree.dbh * 10) + 0.7090 * math.log(
                    (old_tree.cr + 0.2) / 1.2) + 0.9087 * math.log(plot.si) - 0.1545 * math.sqrt(
                        plot.basal_area) - 0.0004 * (old_tree.bal * old_tree.bal / math.log(old_tree.dbh * 10)))
                new_tree.sum_value("dbh", dbhg5 / 10)

            if dbhg5 == 0:
                htg5: float = 0
            else:
                htg5: float = math.exp(3.1222 - 0.4939 * math.log(dbhg5 * 10) + 1.3763 * math.log(
                    plot.si) - 0.0061 * old_tree.bal + 0.1876 * math.log(old_tree.cr))
                new_tree.sum_value("height", htg5 / 100)

            new_tree.add_value('basal_area', math.pi*(new_tree.dbh/2)**2) # update basal area (cm2)

            self.vol(new_tree, plot) # update volume variables (dm3)

    except Exception:
        self.catch_model_exception()
```



# *Recomendaciones de uso*



Antes de seleccionar el **modelo** que mejor se adapta a tus objetivos es recomendable revisar la [ficha del modelo](#), donde se recoge información variada de su **contenido** y, quizás lo más importante, **recomendaciones de uso** para garantizar que todo funcione con normalidad:

- **Nombre del modelo**
- **Tipo de modelo (características)**
- **Especie, código y zona de aplicación**
- **Variables imprescindibles en el inventario inicial**
- **Tiempo de ejecución recomendado**

## SIMANF{R}

Modelo para *Pinus pinaster mesogeensis*  
Sistema Ibérico Meridional (España)

### Modelo

IBEROPT original

IBEROPT: modelo de crecimiento de árbol individual para *Pinus pinaster mesogeensis* en el Sistema Ibérico Meridional (España) - parametrización original

### Descripción del modelo

- Especie: *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis*
- Código de especie según el Inventario Forestal Nacional Español (IFN): 26
- Área geográfica: Sistema Ibérico Meridional
- Área geográfica (administrativa): Soria, Guadalajara, Cuenca y Teruel

### Requisitos y recomendaciones de uso

- Requisitos del inventario inicial: edad, altura dominante y área basimétrica de parcela; expan y dbh de árboles
- Ámbito geográfico: Sistema Ibérico Meridional, zonas limítrofes y lugares de características similares (asumiendo ciertas diferencias)
- Tipo de masa: masas puras, resinadas o no
- Tiempo de ejecución recomendado: ejecuciones de 5 años (ecuaciones de supervivencia, crecimiento y masa incorporada desarrolladas bajo este criterio)
- Índice de Sitio calculado para una edad de referencia de 80 años



Figure 1: *Pinus pinaster*



Figure 2: Detalles de *Pinus pinaster*



Figure 3: Regiones de procedencia de *Pinus pinaster* en España



¿Tienes ganas de más?

SIMANF{}R

introducción

web

publicaciones

SIMANF{}R

inventarios

escenarios

modelos

resultados

[simanfor.forest@uva.es](mailto:simanfor.forest@uva.es) / [aitor.vazquez.veloso@uva.es](mailto:aitor.vazquez.veloso@uva.es)