

ShadeMotion: Analyse von Baumschattenmustern tutorial

ShadeMotion 5.1.41 ist eine Softwareanwendung, die die Anzahl der kumulativen Schattenstunden berechnet, die sich für jeden Punkt (jede Zelle) eines Grundstücks ergeben aufgrund der Präsenz einer beliebigen Anzahl von Bäumen mit Kronen unterschiedlicher Form und Größe. Das Programm ist für alle Regionen der Welt gültig. Die Analyse von Schattenmustern ist von zentraler Bedeutung für das Design und Management von Bäumen in Landschaften mit Baumbestand.

Eduardo Somarriba
Randall Zamora
José Barrantes
Matthias Malek
Eduardo Vargas
Fergus Sinclair
Francisco Quesada

CATIE,
Turrialba, Costa Rica
2020



ShadeMotion: Analyse von Baumschattenmustern tutorial

ShadeMotion 5.1.41 ist eine Softwareanwendung, die die Anzahl der kumulativen Schattenstunden berechnet, die sich für jeden Punkt (jede Zelle) eines Grundstücks ergeben aufgrund der Präsenz einer beliebigen Anzahl von Bäumen mit Kronen unterschiedlicher Form und Größe. Das Programm ist für alle Regionen der Welt gültig. Die Analyse von Schattenmustern ist von zentraler Bedeutung für das Design und Management von Bäumen in Landschaften mit Baumbestand.

Eduardo Somarriba
Randall Zamora
José Barrantes
Matthias Malek
Eduardo Vargas
Fergus Sinclair
Francisco Quesada

CATIE,
Turrialba, Costa Rica
2020



CATIE übernimmt keine Verantwortung für die Meinungen und Aussagen der Autoren in diesem Dokument. Die Ideen der Autoren spiegeln nicht unbedingt den Standpunkt der Institution wider. Die teilweise oder vollständige Reproduktion der in diesem Dokument enthaltenen Informationen ist gestattet, sofern die Quelle angegeben wird.

ISBN 978-9977-57-737-1

631.58
S693s ShadeMotion: Analyse von Baumschattenmustern. Tutorial / Eduardo Somarriba ... [et al.].
alc. – 1ª ed. – Turrialba, C.R. : CATIE, 2021.
 49 p. – (Technische Serie. Technische Bedienungsanleitung / CATIE ; no. 145)

 ISBN 978-9977-57-737-1

 1. Sombra – Modelos de simulación 2. Agroforestería – Modelos de simulación
 I. Somarriba, Eduardo II. Zamora, Randall III. Barrantes, José IV. Malek, Matthias
 V. Vargas, Eduardo VI. Sinclair, Ferguson VII. Quesada, Francisco VIII. CATIE
 IX. Título X. Serie

Inhaltsverzeichnis

Einführung	6
GLOSSAR	6
KAPITEL 1: DER ÜBERBLICK	10
DIE GRAFISCHE SCHNITTSTELLE	10
Die Bereiche und Balken der ShadeMotion GUI	10
Die Zeit in ShadeMotion: Momente, tägliche Sonnenbereich und Tage der Simulation	12
Geografische Lage des Grundstücks	13
Dynamische, statische und sofortige Simulationen	14
Die Schattenkarte einer Simulation	14
Die Kronenbedeckung einer Baumgruppe	15
Bestandesdichte (oder einfach Dichte)	15
Die Grundfläche einer Baumgruppe auf dem Boden	15
Eine Simulation speichern	15
Eine Simulation laden	16
Über die Maßeinheiten der Bäume und des Geländes	16
KAPITEL 2: DIE BÄUME	17
Die Merkmale der Bäume	17
Werte, die die Eigenschaften der Bäume bestimmen	17
Die monatliche Variation des Laubwerkes (laubabwerfend) und die maximale Dichte der Krone	18
Die Richtung der positiven Halbachse Y+	19
Vier Möglichkeiten, Bäume zu pflanzen	20
i) Manuell	20
ii) Pflanzungsanordnungen: systematisch und zufällig	21
Einfache Anordnungen	21
Komplexe Anordnungen	22
Zufällige Anordnungen	23
iii) Vorbereitung einer Excel-Datei, die die Daten vor Ort aufnimmt.....	24
a. In kartesischen Koordinaten	24
b. In GPS-Koordinaten.....	25
Zentrierung einer Reihe von Bäumen auf dem Feld.....	25
Bäume löschen, Schatten löschen oder das Gelände räumen	25
Beschreibung neuer Arten und Ausfüllen ihrer Tabellen	26
Die beschneidbaren Arten	27

KAPITEL 3: PROBENAUFNAHME, FLAGGEN, PROBEN-AUFNAHMEZONE und Simulation auf geneigtem Gelände.....	29
Überlappende Schatten	29
Unter Bäumen wachsende Pflanzen	29
Wahl eines Probenahmebereichs innerhalb der Parzelle	30
Die Löschung des Probenahmebereichs	32
2D- und 3D-Ansichten des Geländes und der Bäume	32
2D-Ansicht	32
3D-Ansicht	33
Simulationen auf geneigtem Gelände	33
Orientierung der Y+-Achse auf geneigtem Gelände	34
Filter	35
Schritte und Intervalle	35
Das Menü „Konfiguration“	36
 KAPITEL 4: BEISPIELE FÜR SIMULATIONEN	 38
 KAPITEL 5: ERGEBNISSE	 41
 Danksagungen	 49

Einführung

Pflanzenphysiologen haben sehr umfassende Modelle der Strahlungsmenge, die die Pflanzen erhalten entwickelt, wobei die meisten Modelle auf der morphologischen Struktur der Pflanzen basieren. ShadeMotion nähert sich dem Problem von einem anderen Standpunkt aus und befasst sich mit dem Schatten, den Pflanzen werfen, auf der Grundlage rein geometrischer Überlegungen und Formeln, die den Sonnenstand zu jeder Jahreszeit und an jedem Ort der Erde bestimmen.

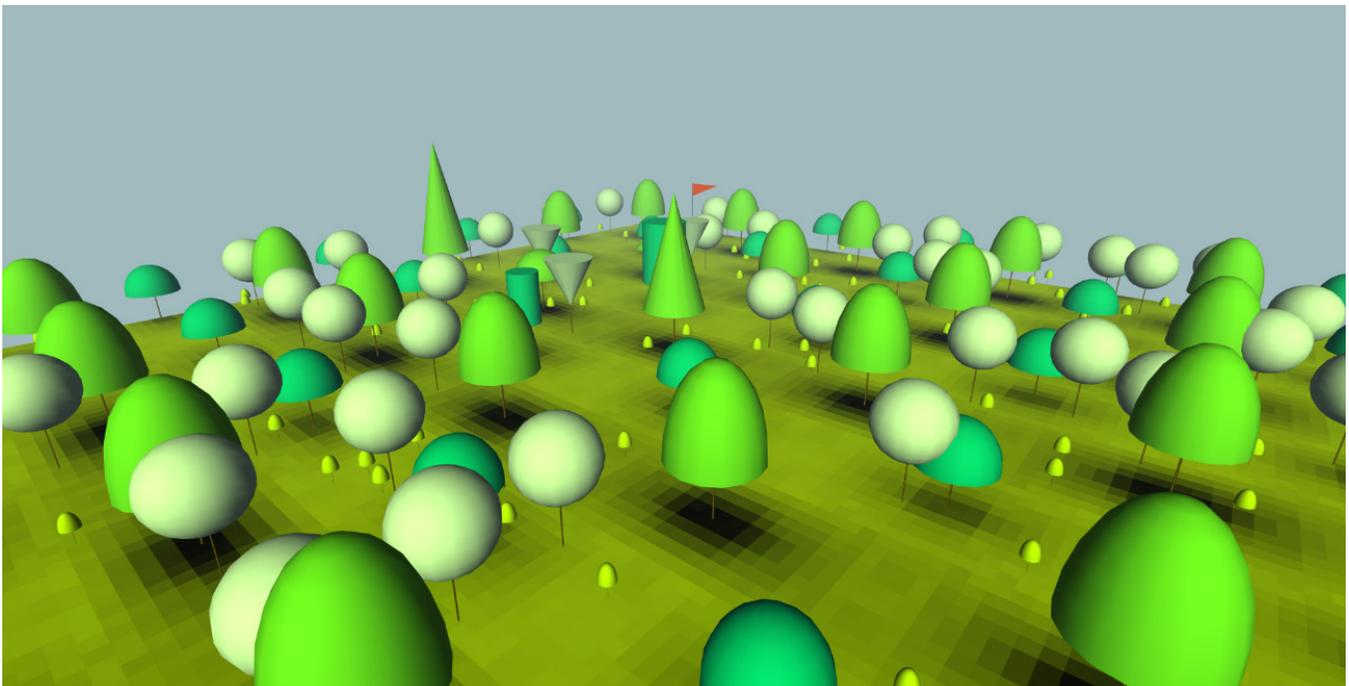
ShadeMotion ermöglicht, die Schattenstunden, die sich an jedem „Punkt“ (Zelle) einer Parzelle mit Bäumen während einer vom Benutzer festgelegten Zeitspanne ansammeln, zu berechnen.

Den Benutzern steht eine breite Palette von Optionen zur Erstellung der Simulationen zur Verfügung:

- Das Gelände kann sich auf jeder geographischen Breite des Planeten befinden.
- Das Gelände kann flach oder geneigt sein, mit einem beliebigen Grad der Neigung, und die Neigung kann in jede Richtung ausgerichtet werden.
- Man kann eine beliebige Anzahl von Bäumen in beliebiger Position auf dem das Gelände darstellenden Raster pflanzen.
- Jeder Baum kann seine eigenen Merkmale in Bezug auf Form, Kronengröße sowie Stammstärke und -höhe haben.
- Die Form der Krone beschränkt sich auf ein Repertoire von geometrischen Grundfiguren: Kugeln, Halbkugeln, Ellipsoide, Halbellipsoide, Kegel, umgekehrte Kegel, Zylinder und schirmartige Kronen.
- Jede Krone kann ihre eigene Kronendichte oder Opazität sowie ihr eigenes Muster der monatlichen Variation der Kronendichte aufgrund des Blattfalls und Neuaustriebes des Blattwerks haben.
- Jede Art kann ihre eigene Dynamik des Kronen- und Baumstammwachstums haben.
- Das Programm stellt die Ergebnisse der Simulationen in grafischer Form und durch Dokumente in verschiedenen Formaten zur Verfügung.
- Es ist möglich, dreidimensionale Ansichten des Geländes mit den Bäumen zu sehen.

Neu in der Version 5.0:

- Bäume können in Anordnungen gepflanzt werden, ohne dass jeder Baum einzeln gepflanzt werden muss.
- Eine Zusatzfunktion erlaubt es die Beschattung automatisch zu modellieren gemäss des Höhenwachstums der Kulturpflanzen im Unterstand.
- Beschneidbare Baumarten, deren Krone sich periodisch ändert durch Rückschnitt und Neuwuchs, können modelliert werden.
- Schattenberichte werden jetzt für jedes Zeitintervall erstellt, ohne die in den vorherigen Intervallen akkumulierten Berichte zu addieren.
- Eine erhebliche Verkürzung der Ausführungszeit der Simulationen wird erreicht.
- Sie können das Installationsprogramm herunterladen oder die Simulationen online von www.shademotion.net ausführen.
- Die Software läuft nun auf allen drei Windows-, OS- oder Linux-Plattformen.



Glossar

Rohdateien. Dateien, die die detailliertesten Informationen einer Simulation enthalten, da sie die Beschattung in jeder Zelle für jeden Moment der Simulation aufzeichnen.

Bassalfläche. Die Summe der Querschnittsflächen aller Bäume, gemessen in Brusthöhe, pro Flächeneinheit, in der Regel pro Hektar.

Einfache Anordnung. Anordnung der Bäume in vertikal und horizontal ausgerichteten Reihen, die rechteckige Zellen bilden.

Komplexe Anordnung. Anordnung von Bäumen, die durch Übereinanderlegen von zwei oder mehr einfachen Anordnungen entsteht.

Zufällige Anordnung. Anordnung der Bäume, ohne systematische Ordnung.

Fahne. Zeichen, das in eine Zelle gesetzt wird, um die Beschattung als Ergebnis einer Simulation, abzurufen

Laubabwerfend. Phänomen, das darin besteht, dass einige Bäume in bestimmten Monaten des Jahres ihr Laub verlieren.

Kronenabdeckung. Dies ist die Fläche des Schattens, der von den Baumkronen aufgrund des Einfalls von Lichtstrahlen senkrecht zum Boden geworfen wird, wobei die „Lichtlöcher“ aufgrund der Dichte ihres Blattwerks unberücksichtigt bleiben.

DAP. Abkürzung für „Durchmesser in Brusthöhe“ eines Baumstammes.

Kronendichte. Dieser Wert, auch bekannt als 'Opazität', beschreibt die Dichte einer Baumkrone welche den Lichtdurchgang bestimmt.. Eine vollständig undurchsichtige Krone hat eine Dichte von 100%.

Bestandesdichte. Sie wird in der Anzahl der Bäume pro Flächeneinheit ausgedrückt. In ShadeMotion ist die Standardeinheit die Anzahl der Bäume pro Hektar.

Häufigkeit der Sonnenbewegung. Sie gibt an, wie oft die Sonne ihre Position verändert, und die Position der Schatten während der Ausführung einer Simulation neu berechnet wird.

Intervall. Zeitraum, in dem das Programm während einer Simulation eine partielle Sammlung von Daten über Beschattung und Bäume durchführt.

Dynamischer Modus. Dieser Modus wird aktiviert, um dynamische Simulationen durchzuführen.

Statischer Modus. Dieser Modus wird aktiviert, um statische Simulationen durchzuführen.

Sofort-Modus. Dieser Modus wird aktiviert, um sofortige Simulationen durchzuführen.

Normaler Modus. Dieser bezieht sich auf den statischen oder dynamischen Modus.

Zeiteinheit. In ShadeMotion ändert die Sonne ihre Position nicht kontinuierlich, sondern in Schritten die durch Zeiteinheiten definiert werden. Wenn der Wert der Zeiteinheit auf 1 Stunde eingestellt ist, bleibt die Sonne eine Stunde lang in der gleichen Position, bevor sie in eine neue Position wechselt.

Schritte. Sind Zeiträume, die aus einem oder mehreren Intervallen bestehen. Bei dynamischen Simulationen kann der Benutzer die Simulation in einzelnen Schritten stoppen, um den Schatten zu analysieren und eventuell Bäume zu pflanzen oder zu entfernen.

Zeitraum. Momente, in denen das Programm - wenn der Benutzer es angefordert hat - anhält, um den Zustand des Geländes und des Schattens anzuzeigen. Die Perioden setzen sich aus einem oder mehreren Intervallen zusammen.

Tägliche Sonnenreichweite.

Beschneidbar. Dies bezieht sich auf Baumarten, die gewöhnlich regelmäßig beschnitten werden.

Halbachse. Bezieht sich auf die positive Hälfte einer der Koordinatenachsen. So ist z.B. die Y+-Halbachse die positive Hälfte der Y-Achse, die sich immer auf der linken Seite des Geländegitters befindet und nach oben, d.h. zum oberen Bildschirmrand zeigt.

Überschneidungen. Phänomene, die auftreten, wenn zwei oder mehrere Bäume im gleichen Moment einen Schatten auf dieselbe Zelle des Geländes werfen.

Probenahme-Bereich. Dies ist der Bereich, den der Benutzer gelb gestrichen hat, so dass das Programm Schatten nur in den Zellen dieses Bereichs berechnet.

2D. Ansicht des Geländes und der Bäume in zwei Dimensionen.

3D. Ansicht des Geländes und der Bäume in drei Dimensionen.

Der Überblick

Die grafische Schnittstelle

An einer Shademotion-Simulation sind drei Grundelemente beteiligt: 1) die Bäume, 2) das Gelände und 3) die Bewegung der Sonne. Der Benutzer muss Informationen zu diesen drei Elementen über eine unten beschriebene Schnittstelle bereitstellen:

Die Bereiche und Balken der grafischen Benutzeroberfläche von ShadeMotion (GUI)

1. **„Shade Map/Schattenkarte“**: In der Mitte der Schnittstelle (Abb. 1) befindet sich das gelbe Gitter, in dem die Benutzer die Bäume pflanzen, deren Schatten analysiert werden soll, und in dem die Beschattung für jede Gitterzelle, abgebildet wird. Wie man später sehen wird, gibt es mehrere Möglichkeiten, wie der Benutzer die Bäume pflanzen kann.
2. **Zone „Bäume“**: Es befindet sich auf der linken Seite des Geländes. Hier werden die Daten der Bäume, die gepflanzt werden sollen, mit dem Mauszeiger eingegeben. Zu den Daten, die der Benutzer für jeden gepflanzten Baum eingeben kann, gehören: Art, Position (kartesische Koordinaten) im Gelände, Form und Abmessungen der Krone, Durchmesser und Höhe des Stammes und Kronendichte. Informationen über die Anzahl der gepflanzten Bäume, die Pflanzdichte, die Kronenbedeckung und die Grundfläche werden in der unteren Hälfte angezeigt.
3. **Zone „Sonnenbewegung“ und die Zone „Gelände“**: In dieser Zone, die sich auf der rechten Seite des Geländes befindet, gibt der Benutzer Informationen ein, die die Häufigkeit und die tägliche Sonnenbewegung, sowie den Zeitraum der Simulation, bestimmen.
4. **Zone „Gelände“**: In dieser Zone, die sich im unteren rechten Teil des Gitters befindet, gibt der Benutzer die Eigenschaften des Geländes ein: geografische Breite, Grad der Neigung und Ausrichtung des Geländes, Abmessungen des Geländes und Ausrichtung der Koordinatenachsen. Die Zone umfasst auch ein Feld für das Wachstum der Pflanzen, die im Schatten wachsen.

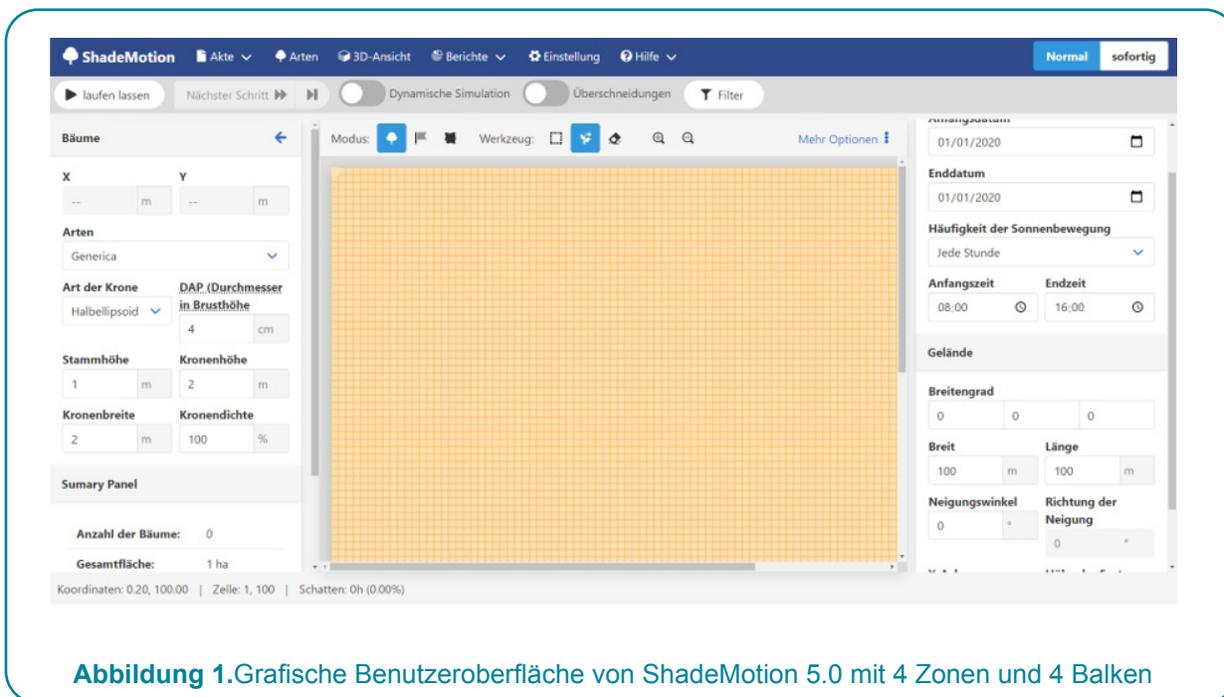


Abbildung 1. Grafische Benutzeroberfläche von ShadeMotion 5.0 mit 4 Zonen und 4 Balken

5. **Menüleiste.** Es enthält einige übliche Menüs der meisten Anwendungen (Archivo/Datei, Configuración/Einstellung, Ayuda/Hilfe, usw.) und spezifische Menüs dieser Anwendung (Especies/Arten, Reportes/Berichte, u.a.).



6. **Simulationsleiste:** Enthält Schaltflächen zur Auswahl des Modus, in dem Sie eine Simulation ausführen möchten (estática/statisch, dinámica/dynamisch, con o sin traslapos de sombra / mit oder ohne Schattenüberlappung).



7. **Modus und Symbolleiste:**

Zeigt die drei Aktionsmodi, die der Benutzer anwenden kann (Bäume pflanzen, Fahnen pflanzen und den Schattenbereich in der Parzelle definieren) und ihre jeweiligen Werkzeuge:

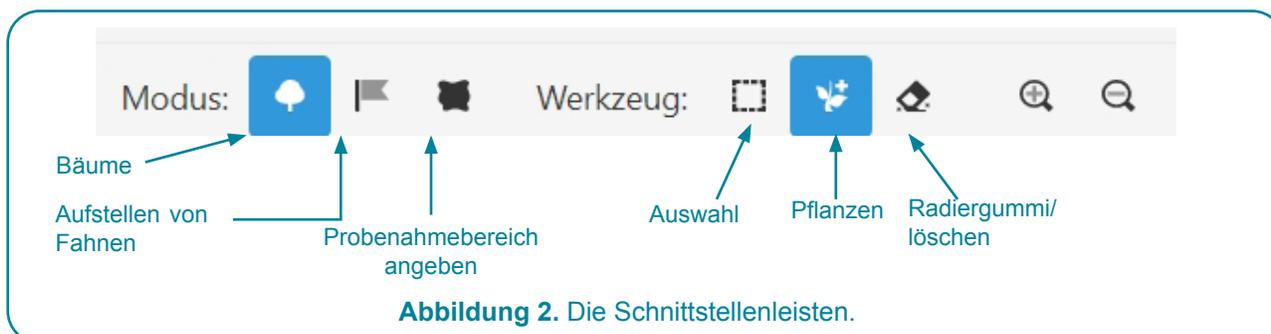


Abbildung 2. Die Schnittstellenleisten.

Jeder Modus kann mit den Werkzeugen (Herramientas) auf der rechten Seite bedient werden (Auswahl/selección, sembrar/pflanzen und borrar/löschen). Wenn beispielsweise der Modus Bäume gewählt ist, dargestellt durch das Bild eines kleinen Baumes, ist es möglich, Bäume zu pflanzen (Taste: pflanzen/sembrar), Bäume zu löschen (Taste: löschen/borrar) oder Bäume auszuwählen (Taste mit dem kleinen Viereck).

8. **Statusleiste.** Sie befindet sich unter dem Geländegitter am unteren Bildschirmrand und enthält Informationen über die Beschattung in der Zelle, auf der sich die Maus befindet, wenn sie nach dem Ausführen der Simulation über die Schattenkarte bewegt wird. Beispiel:

Koordinaten: 0.00, 11.97 | Zelle: 1, 12 | Schatten: 0h (0.00%)

Die Zeit in ShadeMotion: Momente, tägliche Sonnenperiode und Dauer der Simulation

In ShadeMotion wird die Position der Sonne mit einer vom Benutzer gewählten Frequenz berechnet. Wird z.B. eine **Sonnenbewegungsfrequenz** (*frecuencia de movimiento solar*) von einer Stunde gewählt, berechnet ShadeMotion stündlich die Position der Schatten. Die Stunden wären die grundlegenden Zeiteinheiten der Simulation, die wir als **Simulationismomente** bezeichnen. Wenn eine Simulation aus 1000 Momenten besteht, bedeutet dies, dass die Position der Sonne und der Schatten 1000 Mal berechnet wurde. Wir können uns vorstellen, dass jede Simulation eine Abfolge von Momenten ist, in denen jeweils der Stand der Sonne und die Schatten der Bäume aufgezeichnet wurden. Der Wert der Frequenz der Sonnenbewegung wird im Feld „Frecuencia del movimiento solar/ Frequenz der Sonnenbewegung“, in der Zone „Movimiento solar/ Sonnenbewegung“ bestimmt:

Häufigkeit der Sonnenbewegung

Jede Stunde

Die verfügbaren Optionen sind: Alle 4 Stunden, alle 2 Stunden, jede Stunde, alle 30 Minuten, alle 15 Minuten. Der Standardwert ist „Cada hora/Jede Stunde“. Offensichtlich ist die Genauigkeit der Ergebnisse umso größer, je häufiger die Position der Sonne berechnet wird, aber in gleichem Maße steigt auch die Dauer der Simulation und die Größe der Rohdateien, die bis zu 10^{10} Datensätze enthalten können und nur mit geeigneter Software analysiert werden können (Excel ist für diesen Dateityp nicht geeignet, da es nur 10^6 Datensätze manipulieren kann).

Bei einer Simulation gibt der Benutzer zusätzlich zur **Häufigkeit der Sonnenbewegung** ein Startdatum (Día/Tag, Mes/Monat, Año/Jahr) und ein Enddatum der Simulation (das die Anzahl der Simulationstage bestimmt) sowie die Start- und Endzeit jedes Simulationstages (die wir die **tägliche Sonnenperiode** nennen) an. Diese Informationen bestimmen zusammen mit der Definition der Häufigkeit der Sonnenbewegung die Anzahl der Momente pro Tag, an denen der Sonnenstand berechnet wird. Die Gesamtzahl der Momente einer Simulation (die wir „**Gesamtmomente**“ nennen) wird folgenderweise berechnet:

Gesamtmomente=“Anzahl der Tage der Simulation X Anzahl der Momente pro Tag“

Wenn ein Benutzer beispielsweise zwischen dem 1. Januar 2020 und dem 31. Dezember 2020 (365 Simulationstage) eine Simulation durchführt und den Sonnenstand stündlich zwischen 8 Uhr morgens und 16 Uhr nachmittags (9 Simulationszeiten pro Tag) beobachtet, beträgt die Gesamtzahl

der Simulationszeiten $365 \times 9 = 3285$ Momente. Wenn wir diese Simulation auf einem 1 ha. großen Gelände mit einem Raster von 1 m Seitenlänge durchführen, was 10.000 Zellen von je 1 m^2 ergibt, zählt Shademotion die Anzahl der Simulationsmomente, an welchen jede Zelle des Geländes während der Simulation Schatten erhielt. Wenn eine Zelle 1354 Schattenmomente in der gesamten Simulation erhalten hat, wird eine Beschattung von 41% angezeigt, der aus $100 \times \left(\frac{1354}{3285}\right)$ stammt, wenn der Cursor auf dieser Zelle steht.

Geografische Lage des Grundstücks

Der Benutzer muss die geografische Breite der Parzelle eingeben. Der Breitengrad muss in Grad, Minuten und Sekunden angegeben werden, nördlich des Äquators als positiver Betrag und südlich als negativer Betrag. Die geographische Breite wird in das Feld „Latitud/Breite“ eingegeben, das sich in der Zone „Terreno/Gelände“ befindet.

Abbildung 3. Die Zone „Terreno/Gelände“ befindet sich auf der rechten Seite des Landrasters.

Dynamische, statische und sofortige Simulationen

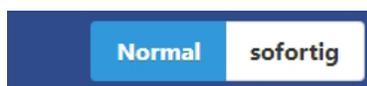
Dynamischer Modus/Modo dinámico. Dieser Modus berücksichtigt das Wachstum des Kronendachs und des Stammes jeder Art sowie die zyklische Ausdehnung und Kontraktion des Kronendachs jener Bäume, die regelmäßig beschnitten werden („beschneidbare“ Baumarten). In einer dynamischen Simulation ist es auch möglich, Informationen über das Wachstum einiger Pflanzen zu erhalten, die unter den Bäumen wachsen, und der Benutzer kann daran interessiert sein, den Schatten nicht auf Bodenhöhe, sondern auf Kronenhöhe der Kulturpflanzen im Unterbau zu berücksichtigen. In einer dynamischen Simulation kann der Benutzer während der Simulation Bäume entfernen oder pflanzen. Der dynamische Modus ist besonders nützlich für die Untersuchung von Schatten auf Bauernhöfen über mehrere Jahre hinweg, zum Beispiel während des gesamten Lebenszyklus einer Kulturpflanze, die häufig unter Baum Schatten angebaut wird, wie Kaffee oder Kakao.

Statischer Modus/Modo estático. In diesem Modus wird das Wachstum der Bäume nicht berücksichtigt: die Dimensionen der Krone und des Stammes bleiben konstant und es ist nicht möglich, während der Simulation Bäume zu pflanzen oder zu entfernen. Im statischen Modus läuft die Simulation ohne Unterbrechung vom Anfang bis zum Ende. Das Programm berücksichtigt jedoch die monatlichen Schwankungen in der Laubdichte der Baumarten während des Jahres (Laubbäume /laubabwerfend (*caducifolia*)). Obwohl der statische Modus für Simulationen von beliebiger Dauer ausgeführt werden kann, ist es sinnvoller, ihn für Simulationen zu verwenden, deren Dauer ein Jahr nicht überschreitet, da in den folgenden Jahren die Verteilung der Bäume, ihre Abmessungen und die Beschattung sich nicht ändern.

Sie wählen zwischen den Optionen des statischen oder dynamischen Modus/simulación dinámica mit der Schaltfläche auf der linken Seite der Modus- und Werkzeugleiste:



Sofort-Modus/Modo instantáneo. Dieser Modus ermöglicht, die Schattenkarte zu einem vom Benutzer festgelegten Zeitpunkt anzuzeigen. Die Option Sofortsimulation/Instantánea wird am rechten Ende der „Menüleiste“ ausgewählt. Die Option „Normal“ aktiviert die Optionen für dynamische oder statische Simulationen.



Die Schattenkarte einer Simulation

Jede Simulation erzeugt eine Konturkarte in verschiedenen Grautönen der Schattenstunden jeder Zelle des Geländes: je mehr Schatten, desto dunkler der Grauton. Wenn Sie den Mauszeiger über eine Zelle in der Taskleiste unter dem Geländegitter platzieren, sehen Sie den Wert der Koordinaten der Zelle, gefolgt von der Beschattungsfrequenz, ausgedrückt in Stunden als Prozentsatz der Gesamtminute der Simulation.

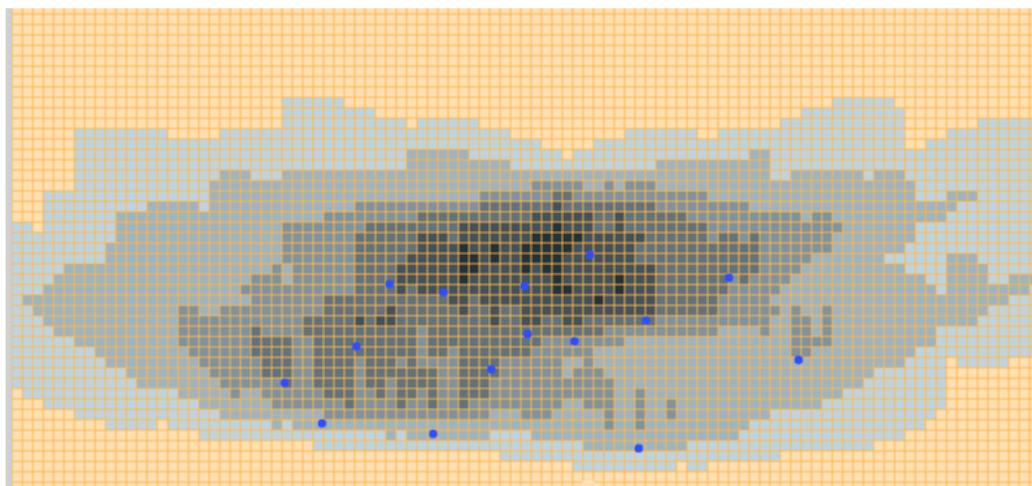


Abbildung 4. Die Schattenkarte auf dem Boden zeigt die Gebiete mit unterschiedlicher Schattenintensität. Die blauen Punkte zeigen an, wo die Bäume gepflanzt werden.

Die Kronenbedeckung einer Baumgruppe

Die Kronenbedeckung eines Baumes ist definiert als die Fläche der vertikalen Projektion der Krone (circular/kreisförmig) auf ein horizontales Gelände unter Berücksichtigung der Kronendichte, welche den Anteil der direkten Sonnenstrahlung bestimmt, die durch die Baumkronen absorbiert oder reflektiert wird.. Die Kronendachabdeckung einer Baumgruppe ist die Summe der einzelnen Kronendächer der Bäume, aus denen die Gruppe besteht.

Beispiel:

Die Kronenbedeckung eines kugelförmigen Baumes mit einem Durchmesser von 10 m und einer Kronendichte von 100% ist gleich der Fläche eines Kreises mit dem Durchmesser 10, die nach der Formel: $\text{Oberfläche} = \pi \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 78$ berechnet wird. Bei einer Kronendichte von 50% würde die Kronenabdeckung die Hälfte der vorherigen Oberfläche betragen. Bei 70 Bäumen/ha. Land müsste man die Kronenabdeckung pro Baum mit der Anzahl der Bäume pro Hektar multiplizieren, dieses Produkt durch 10.000 Quadratmeter pro Hektar dividieren und schließlich dieses Verhältnis Mal hundert multiplizieren, um es als Prozentsatz der Baumkronenabdeckung auf dem Land auszudrücken.

Bestandesdichte (oder einfach Dichte)

Die Bestandesdichte ist ein Verhältnis, das die Anzahl der Bäume pro Flächeneinheit ausdrückt. Normalerweise wird die Dichte in Bäumen pro Hektar (Bäume/ha.) angegeben. Wenn wir zum Beispiel 20 Bäume auf einem Land von 5000 Quadratmetern (einem halben Hektar) haben, beträgt die Dichte dieser Baumgruppe es $20 * \frac{10000}{5000} = 40$ Bäume pro Hektar.

Die Grundfläche einer Baumgruppe

Die Querschnittsfläche eines Baumstammes in Brusthöhe (1,3 m über dem Boden) ist ein wichtiges Mass für Biologen und Forstingenieure unter der Annahme, dass die Baumstämme eine zylindrische Form haben. Die Summe der Querschnittsflächen aller Bäume pro Flächeneinheit in Brusthöhe wird als *área basal* (**G**) / **Basalfläche** (**G**) der Plantage bezeichnet. Die am häufigsten verwendeten Einheiten sind Quadratmeter pro Hektar. Wenn wir zum Beispiel 30 Bäume mit einem DAP (*Durchmesser in Brusthöhe*) von 20 cm auf einem 0,6 Ha großen Grundstück haben, würde der Wert von G 1,57 m²/ha betragen.

Eine Simulation Speichern

Um eine Simulation zu speichern, wählen Sie die Option „Guardar/Speichern“ im Menü „Archivo/Datei“. Wenn eine Simulation gespeichert wird, speichert das Programm alle Anfangswerte, die eine erneute Ausführung unter identischen Bedingungen ermöglichen. Dazu gehören die Bäume mit deren Merkmalen, einschliesslich ihrer Wachstumstabellen und aller Daten, die in den Bereichen „Movimiento Solar/Solar Motion (Solarbewegung)“ und „Terreno/Gelände“ sowie im Fenster „Configuración/Einstellung“ (später wird hierüber besprochen) eingegeben wurden. Die Simulationen werden im „json“-Format gespeichert. Wenn der Benutzer die Ergebnisse einer Simulation speichern möchte, muss er dies am Ende der Simulation tun. Bei dynamischen Simulationen können einige Ergebnisse während der Simulation gespeichert werden. Einzelheiten zu den Ergebnissen einer Simulation werden im Kapitel 4 erklärt.

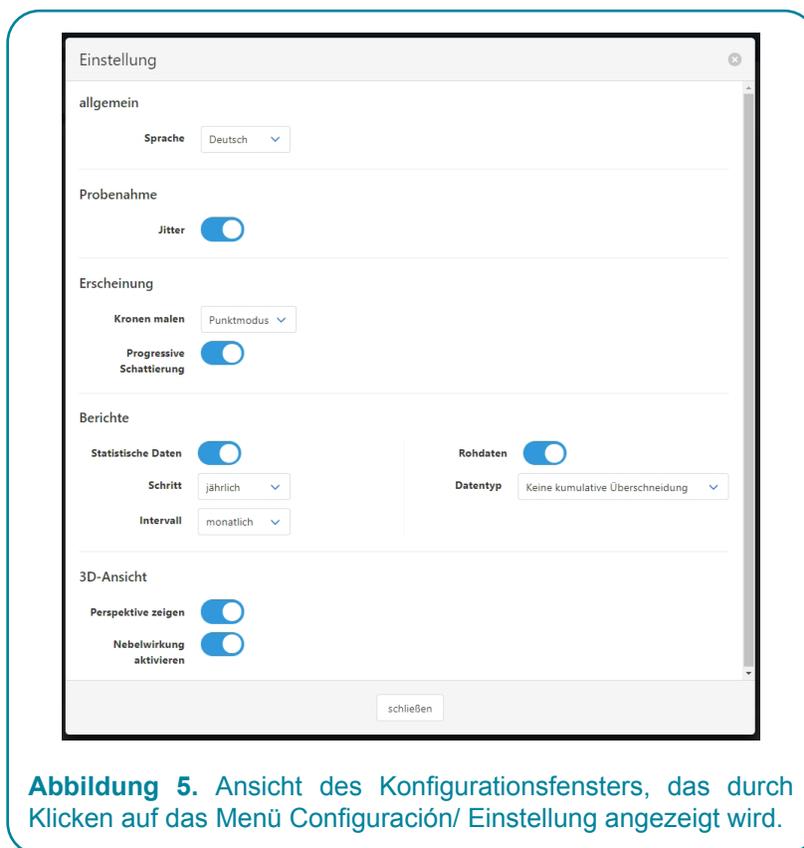


Abbildung 5. Ansicht des Konfigurationsfensters, das durch Klicken auf das Menü Configuración/ Einstellung angezeigt wird.

Eine Simulation laden.

Dateien mit ShadeMotion-Simulationen haben die Erweiterung “.json”. Eine Simulation wird aus dem Menü “Datei” mit der Option “Öffnen” geladen. Sie können eine Simulation auch laden, indem Sie das Dateisymbol auf dem Geländegitter oder einem anderen Teil des Programmfensters platzieren.

Über die Maßeinheiten der Bäume und des Geländes.

Das geometrische Verfahren, bei dem der Schatten der Baumkrone auf das Gelände projiziert wird, hat die Eigenschaft, die Verhältnisse zwischen den Abmessungen der Bäume und ihren Schatten zu erhalten, unabhängig von den Maßeinheiten, mit denen die Bäume gemessen werden. Diese Tatsache ermöglicht es den Benutzern, Baummaße (Kronenbreite und -höhe usw.) in den von ihnen bevorzugten Einheiten einzugeben, unter der Bedingung, dass die Größe des Geländes in denselben Einheiten eingegeben wird. Wenn z.B. die Baummaße in Yards eingegeben wird, ist zu bedenken, dass jede Zelle einen Yard seitlich messen würde. Wenn die Baummaße in Metern eingegeben wird, muss der Benutzer folglich interpretieren, dass jede Zelle auf jeder Seite einen Meter misst.

Die Bäume

Die Merkmale der Bäume

Die Merkmale der Bäume müssen vor der Pflanzung definiert werden. Aus diesem Grund werden wir die Eigenschaften der Bäume erklären, bevor wir die verschiedenen Pflanzungsarten erklären.

Werte, die die Eigenschaften der Bäume bestimmen

Merkmale, die ein Baum in ShadeMotion haben kann:

1. Position im Gelände (die Zelle, die sie im Gitter einnimmt)
2. Art
3. Art der Baumkrone
4. Breite (Durchmesser) und Höhe der Baumkrone
5. Durchmesser des Stammes in Brusthöhe und Stammhöhe bis zur Basis der Baumkrone.
6. Kronendichte
7. Monatliche Variation der Kronendichte (für laubabwerfende Arten).
8. Wachstumstabelle der vier Variablen, die in den Punkten 4 und 5 dieser Liste enthalten sind.
9. Schnittzyklus-Tabelle, im Falle eines Baumes, der regelmäßig beschnitten wird.

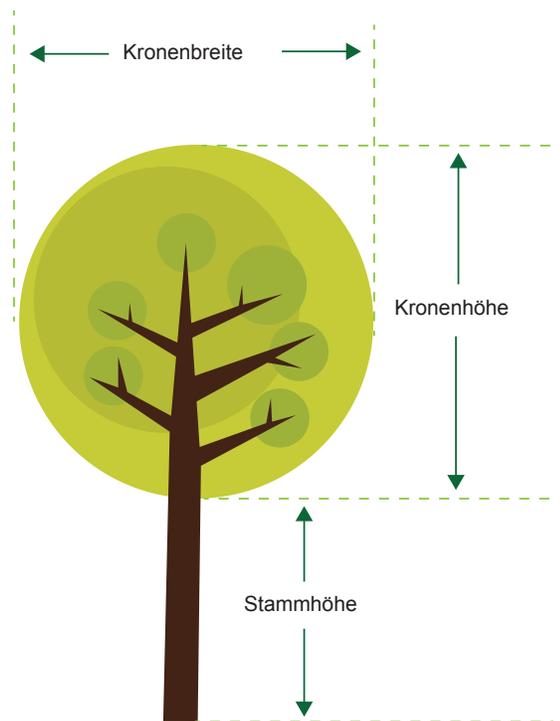


Abbildung 6. Baumdimensionen

Die monatliche Variation des Laubwerkes (laubabwerfend) und die maximale Dichte der Krone

Die meisten Baumarten behalten ihr Blattwerk nicht das ganze Jahr über, sondern neigen dazu, es in einigen Monaten des Jahres zu verlieren und in anderen wieder zu ersetzen. Diese Arten werden als laubabwerfend bezeichnet. ShadeMotion ermöglicht dem Benutzer, einer Baumart jedes Muster der monatlichen Blattvariation zuzuordnen. So greift man auf die Tabelle der Laubvariation zu:

1. auf das Menü „Especies/Arten“ in der Menüleiste klicken.
2. Klicken Sie im Fenster „Especies/Arten“ auf die Option „Variación del follaje/Blattvariation“ und geben Sie die Prozentsätze der monatlich erreichten maximalen Belaubung ein. Ein Wert von 0 % zeigt an, dass der Baum sein gesamtes Laubwerk verloren hat und die Krone alles Licht durchlässt. Ein Wert von 100 % zeigt an, dass in diesem Monat die Baumkrone die maximale Blattmenge besitzt, die diese Baumart erreichen kann.

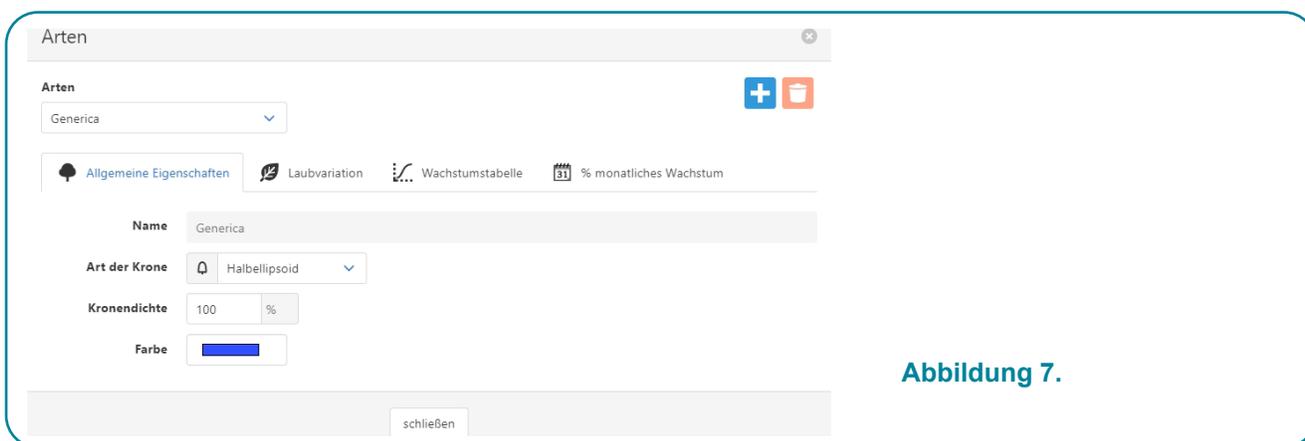


Abbildung 7.

Die Baumarten unterscheiden sich in der maximalen Laubmenge, die sie während der Monate des Jahres erreichen. Zum Beispiel ein Orangenbaum hat eine Krone, bei der das Laub über die gesamte Oberfläche und das Innenvolumen der Krone dicht gepackt ist, so dass es den Durchgang von direkten Lichtstrahlen kaum zulässt. Die Krone eines Orangenbaums (ohne Beschneidung) hat meist 100% der maximalen Kronendichte. Im Gegensatz, die Nutzholzart *Cordia alliodora* erreicht in den Monaten mit dem meisten Laub nur eine Kronendichte von 50%. Shademotion kombiniert die Kronendichte mit dem monatlichen Laubabwurf und erzeugt für jede Krone zu jedem Zeitpunkt der Simulation nach dem Zufallsprinzip eine Anzahl von „agujeros de luz/Lichtlöchern“. Während die Kronendichte im Bereich „Árbol/Baum“ eingegeben wird, werden die Prozentsätze der monatlichen Blattvariation einer Art, in der Tabelle „Variación de follaje/Blattvariation“ im Fenster „Especies /Arten“ aus dem Menü „Especies/Arten“ eingegeben.

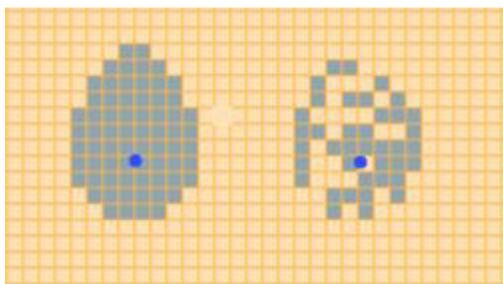


Abbildung 8. Die linke Baumkrone hat eine Opazität (=‘Kronendichte’) von 100%, die rechte eine von 60% mit 40% Öffnungen durch welche Sonnenflecken auf den Boden scheinen können. Die blauen Punkte zeigen die Zellen an, in welchen Bäume gepflanzt sind.

In Abbildung 8 hat die Baumkrone auf der linken Seite eine Dichte von 100 % und die Baumkrone auf der rechten Seite eine Dichte von 60 % und weist 40 % Lichtlöcher auf. Die blauen Punkte zeigen die Zellen, in denen die Bäume gepflanzt sind.

Die Richtung der positiven Halbachse Y+

Ein kartesisches Koordinatensystem ist in vier Quadranten unterteilt. Nur der Quadrant mit positiven Werten ist für uns sinnvoll, um die Koordinatenposition jedes Baumes darzustellen. Mathematisch gesehen wird der obere rechte Quadrant eines kartesischen Koordinatensystems durch zwei Halbachsen definiert, eine für x ($X+$) und eine für y ($Y+$).

Die Halbachse $Y+$ des Geländes (das linke Ende des Koordinatensystems) zeigt standardmäßig in nördlicher Richtung, wenn man sie von unten nach oben durchläuft. Wenn man jedoch die Verteilung des Schattens auf einer horizontalen Parzelle in der Realität simulieren möchte, gibt es Momente, in denen eine Änderung der Richtung, in die diese Halbachse zeigt, die Berechnung der Koordinaten der Bäume auf dem Feld erleichtern kann. Wenn dies der Fall ist, ist es sehr wichtig, die neue Richtung, in die $Y+$ weist, zu registrieren, wie zunächst erklärt wird. Um die Position der Schattenkarte in Bezug auf die Himmelsrichtungen richtig zu interpretieren, beachten Sie bitte folgende Regel:

Wenn Sie sich nach oben bewegen, zeigt das linke Ende des Bodengitters in die Richtung, die der $Y+$ -Halbachse zugeordnet ist.

Die Ausrichtung der $Y+$ -Achse muss vor der Pflanzung der Bäume im Raster bestimmt werden. Wenn dies nach der Pflanzung der Bäume erfolgt, entspricht dies einer Änderung der Parzelle, die eine Schattenkarte ergibt, die sich an einer anderen Stelle befindet als diejenige, die vor der Änderung den Schatten der Parzelle eingenommen hätte.

Beispiel:

In Abbildung 9 auf der linken Seite zeigt die $Y+$ -Halbachse nach Norden, und das linke Ende der Parzelle verläuft von Süden nach Norden, während man diese von unten nach oben durchläuft. Die Abbildung zeigt einen Baum, bei dem sich der Schatten über dem Punkt befindet, an dem der Baum gepflanzt wurde, dies bedeutet, dass der Schatten nördlich dieses Punktes geworfen wird. Die Tatsache, dass der Schatten nördlich des Pflanzpunktes liegt, ist eine geografische Tatsache, die durch eine Richtungsänderung der Koordinatenachsen nicht verändert werden kann.

In Abbildung 9 auf der rechten Seite haben wir denselben Baum zur gleichen Zeit und am gleichen Tag. Vor der Pflanzung des Baumes wurde die Richtung der Halbachse $Y+$ geändert, die nun in östliche Richtung zeigt (mit $\varphi = 90$). Das linke Ende des Feldes verläuft nun von West nach Ost, während Sie von unten nach oben gehen. Der Baum wirft seinen Schatten weiterhin nördlich der Pflanzstelle, so wie es sein sollte.

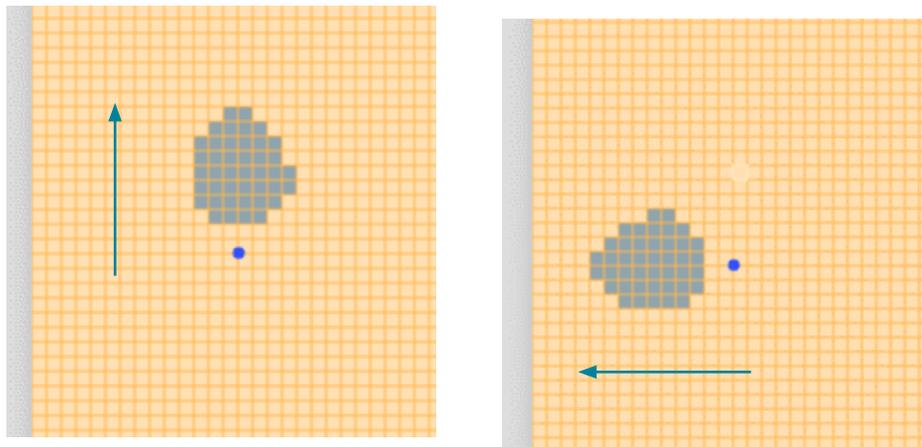


Abbildung 9. In der Abbildung links zeigen der Pfeil und der linke Rand des Bodens nach Norden, in der Abbildung rechts zeigt der linke Rand nach Osten und der Pfeil nach Norden.

Vier Möglichkeiten, Bäume zu pflanzen

Sobald der Benutzer den Bäumen die Eigenschaften zugeordnet hat, gibt es vier Möglichkeiten, die Bäume in das Raster des Feldes zu bringen:

- Manuell mit der Maus.
- Automatisch durch eine regelmäßige oder zufällige Anordnung.
- Durch Vorbereiten oder Importieren einer Excel-Datei mit vor Ort aufgenommenen Daten auf zwei mögliche Arten:
 - o Vorbereitung in kartesischen Koordinaten.
 - o Vorbereitung mittels eines GPS-Gerätes

Jeder Punkt der obigen Liste wird zunächst erklärt.

i. Manuell:

Wählen Sie in der Modus- und Symbolleiste das Baumsymbol und dann das Pflanzensymbol:



Man soll den Mauszeiger auf die Zelle bringen, in der man den Baum pflanzen möchte und dann mit der linken Taste klicken.

Bäume ←

X: -- m Y: -- m

Arten: Generica

Art der Krone: Halbellipsoid DAP (Durchmesser in Brusthöhe): 4 cm

Stammhöhe: 1 m Kronenhöhe: 2 m

Kronenbreite: 2 m Kronendichte: 100 %

Summary Panel

Anzahl der Bäume:	0
Gesamtfläche:	1 ha
Dichte:	0 Bäume/ha
Kronenbedeckung:	0 %
Basalbereich:	0 m ² /ha

Abbildung 10. Die Abbildung zeigt den Bereich links neben dem Feld, der den Bereich „Árboles /Bäume“ und das „Panel resumen/Summary Panel“ enthält.

Wenn man die Bäume mit der Maus pflanzt, können Benutzer (für jeden gepflanzten Baum) die Werte der Fenster in der Baumzone (árboles) ändern. Die Kästchen X und Y werden, um einen bereits gepflanzten Baum an eine neue Position zu verschieben verwendet, indem er vorher ausgewählt wird. Unten befindet sich eine Zone namens „Panel Resumen/Summary Panel“, in der folgendes angezeigt wird: die Anzahl der Bäume, die Fläche des Geländes und die Schätzungen der Bestandesdichte, der Kronenbedeckung und der Grundfläche der Bäume.

ii) Pflanzanordnungen: systematisch und zufällig

Es ist möglich, Bäume in einer Vielzahl von Anordnungen zu pflanzen.

Einfache Anordnungen

Systematische Anordnungen bauen auf *einfachen Anordnungen* auf. Eine einfache Anordnung wird durch horizontale Zeilen und vertikale Spalten gebildet, die viereckige oder rechteckige Muster begrenzen. Eine *einfache Anordnung* muss Bäume der gleichen Art und mit identischen Merkmalen enthalten. Um eine einfache Anordnung zu pflanzen:

Wählen Sie im Fenster „Más opciones/Weitere Optionen“ auf der rechten Seite des Geländes die Option „Patrón de plantado sistemático/Systematisches Pflanzmuster“ und geben Sie im entsprechenden Pop-up-Fenster folgende Daten ein:



Abbildung 11. Die Abbildung zeigt die Schaltfläche „Weitere Optionen“ rechts neben dem Feld

- Geben Sie den Abstand zwischen Bäumen einer gleichen Reihe oder den distancia horizontal/horizontalen Abstand ein.
- Geben Sie den Abstand zwischen Bäumen einer gleichen Spalte oder den distancia vertical/vertikalen Abstand ein.
- Geben Sie die Koordinaten des Baumes ein, der sich in der unteren linken Ecke der Anordnung befindet (untere Zeile, linke Spalte).

Systematisches Pflanzmuster

#	Arten	dap	Kronenbreite	Kronenhöhe	Stammhöhe	Horizontaler Abstand	senkrechter Abstand	X- und Y-Koordinater des ersten Baumes
1	Generica	4	2	2	1	12	4	0 0

Bäume pflanzen schließen

Abbildung 12. Die Abbildung zeigt das Fenster „Patrón de Plantado Sistemático/Systematisches Pflanzmuster“ einer einfachen Anordnung, wobei der horizontale Abstand 12 Meter und der vertikale Abstand 4 Meter beträgt und die Koordinaten des Baumes in der linken unteren Ecke (0, 0) sind. Abbildung 13 unten zeigt einen Teil dieser Anordnung.

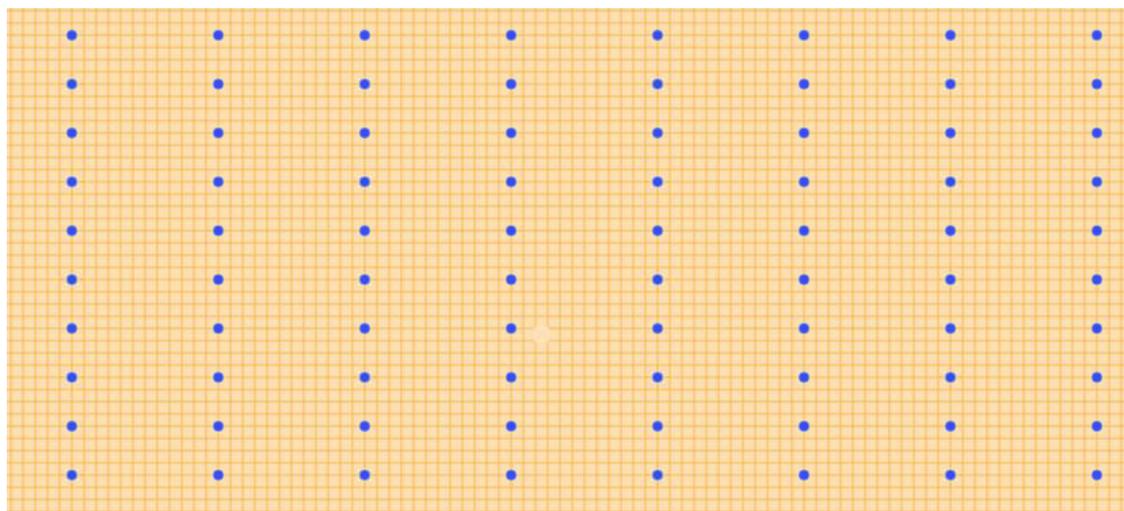


Abbildung 13. Einfache systematische Anordnung mit einem Abstand von 4 Zellen pro Zeile und 12 Zellen pro Spalte.

Komplexe Anordnungen

Durch die Überlagerung einfacher Anordnungen können komplexe Anordnungen geschaffen werden, deren Grundzellen nicht unbedingt rechteckig sind. Abbildung 14 zeigt eine komplexe Anordnung (Gassen mit Bäumen in Doppelreihen und dreieckige Bepflanzung), die durch die Überlagerung von zwei einfachen Anordnungen entsteht: eine Nutzholzart in Blau und eine Obstart in Grün. Die Nutzholzbäume erscheinen in blau mit einem vertikalen Abstand von 6 m, einem horizontalen Abstand von 18 m und den Koordinaten des ersten Baumes (0, 0). Die Obstbäume erscheinen grün und wurden mit einem vertikalen Abstand von 6 m, einem horizontalen Abstand von 18 m und den Koordinaten des ersten Baumes (3, 3) gepflanzt.

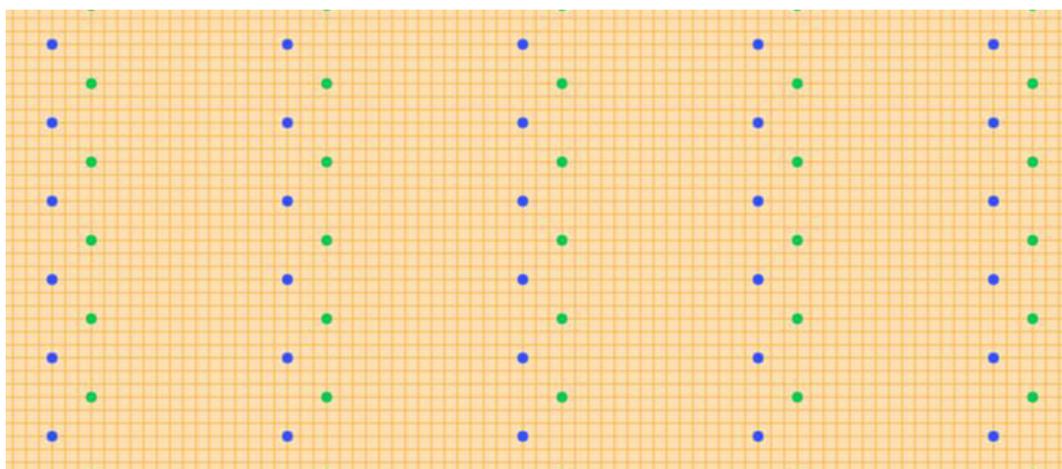


Abbildung 14. Komplexe systematische Anordnung, erhalten als Überlappung von 2 einfachen Anordnungen.



Vorsicht: In ShadeMotion ist es nicht möglich, zwei Bäume in der gleichen Position des Feldes zu pflanzen. Im Konfliktfall ist der vorherrschende Baum der erste, der gepflanzt wird. Diese Regel gilt für alle Formen der Baumpflanzung, einschließlich systematischer oder zufälliger Anordnungen.

Zufällige Anordnungen

In einer zufälligen Anordnung werden die Bäume an zufällig gewählten Positionen gepflanzt. Um eine zufällige Anordnung zu pflanzen, wählen Sie aus dem Menü „Más opciones/Weitere Optionen“: „Patrón de plantado aleatorio/Zufälliges Pflanzmuster“. Die Anzahl der Bäume in der Anordnung wird durch die Angabe der Pflanzdichte in Bäumen pro Hektar Land definiert. ShadeMotion verfügt über einen Mechanismus, der - soweit möglich - verhindert, dass zwei oder mehrere Bäume zu dicht nebeneinander gepflanzt werden.

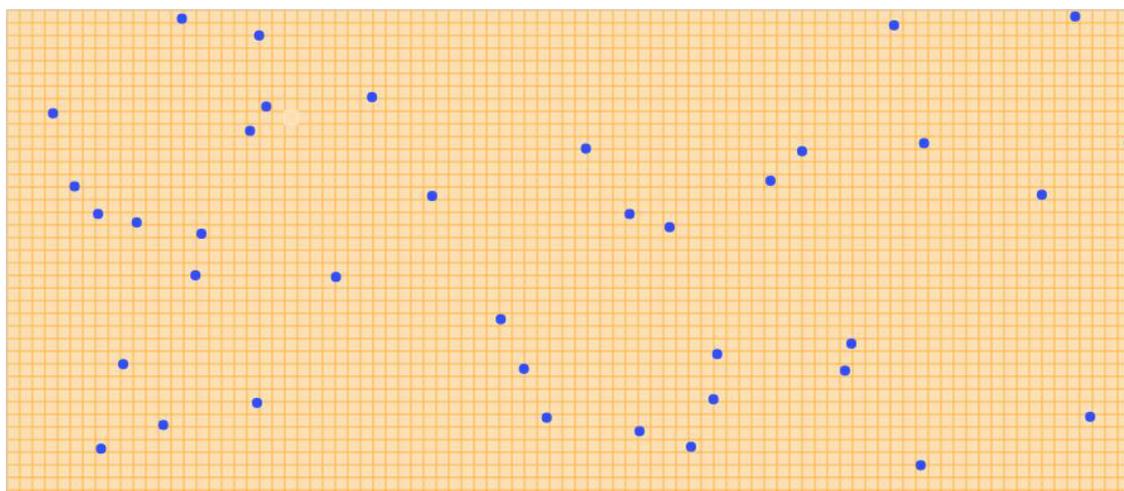


Abbildung 15. Die Abbildung zeigt einen 100x100-Sektor des Landes, auf dem 38 Bäume nach dem Zufallsprinzip gepflanzt wurden.

iii) Vorbereitung einer Excel-Datei, die die Daten vor Ort aufnimmt.

a. In kartesischen Koordinaten

ShadeMotion akzeptiert Excel-Dateien mit Baumdaten, wenn diese die entsprechende Struktur haben. Unter www.shademotion.net können die Benutzer die Modelldatei herunterladen:

arboles_SMv5.xlsx, die sie mit ihren eigenen Simulationsdaten füllen können.

Um die Positionskoordinaten einer Reihe von Bäumen auf dem Feld zu bestimmen, ist es notwendig, ein selbstgemachtes kartesisches Koordinatensystem auf der Parzelle zu projizieren. Um dies zu tun:

1. Wählen Sie einen Punkt auf der Parzelle als Koordinatenursprung, von dem aus sich zwei Seile spannen lassen, die die X+ und Y+ Koordinatenachsen bilden. Dies ist der Punkt, dem das System die Koordinaten (0, 0) des Ursprungs des Koordinatensystems zuweist. Die Seile müssen ein senkrecht zueinander stehendes Achsenpaar bilden. Es ist wichtig, dass die Seile im ersten Quadranten die Region umschließen, in der sich ALLE Bäume befinden. Links von dem als Y-Achse gewählten Seil oder unterhalb des als X-Achse gewählten Seils sollten sich keine Bäume befinden. Wählen Sie den Ursprung idealerweise so, dass das Zentrum der „nube de árboles/Baumwolke“ ungefähr in der Mitte des Geländes liegt. Wenn es aus praktischen Gründen nicht möglich ist, dies auf dem Feld zu tun, ist das kein Problem, ShadeMotion hat die Fähigkeit, die Bäume auf der Shadow Map zu „zentrieren“ (siehe Abschnitt unten).
2. Bei der Installation des improvisierten Koordinatensystems ist es sehr wichtig, die Richtung der Y+-Halbachse des Koordinatensystems mit Hilfe eines Kompasses aufzuzeichnen. Dieser Winkel sollte von Norden aus gemessen werden, und wenn er im Uhrzeigersinn gemessen wird, sollte sein Vorzeichen positiv sein. Wenn die Datei mit den Felddaten geladen wird, muss der Wert dieses Winkels in das Feld „Y-Achsenausrichtung“ eingegeben werden. Wenn beschlossen wurde, die Y+-Halbachse in Nordrichtung auszurichten, ist es nicht notwendig, einen Wert in dieses Feld einzugeben, da das System in diesem Fall mit dem Standardwert 0 arbeitet. Es ist sehr wichtig, dass nach dem Laden der Datei mit den Bäumen, die Orientierung der Halbachse Y+ nicht mehr geändert werden sollte.
3. Verwenden Sie ein Messband oder ein Lasergerät, um die Abstände zwischen zwei Punkten zu messen und die Koordinaten jedes Baumes zu bestimmen.
4. Speichern Sie die Datei in einem Ordner mit einem geeigneten Namen.
5. Um die Datei zu laden, wählen Sie „Abrir/Öffnen“ aus dem Menü «Archivo/Datei».



Wenn der Benutzer eine Simulation lädt, die im Feld von einem Team vorbereitet wurde, dem er nicht angehört, muss der Benutzer sicherstellen, dass der Computer die Adresse der Halbachse Y+ des für die Aufzeichnung der Koordinaten verwendeten selbstgemachten Systems registriert hat.

b. In GPS-Koordinaten

Um eine Excel-Baumdatei vorzubereiten, deren Koordinaten mit einem GPS-Gerät aufgenommen werden, müssen die Benutzer die Datei in der entsprechenden Weise strukturieren. Diese Aufgabe kann durch Herunterladen der Modell-Datei ArbolesGPS_SMv5.xlsx vereinfacht werden.

Diese Datei hat zwei Blätter, eines für die GPS-Koordinaten des als Ursprung gewählten Punktes und eines für die GPS-Koordinaten der Bäume.

Zur Vorbereitung sind die folgenden Schritte zu befolgen:

1. Es wird vorgeschlagen, die Datei mit einem Namen umzubenennen, der das Modell beschreibt.
2. Wählen Sie einen Punkt auf dem Gelände als Koordinatenursprung. Wählen Sie die Position des Ursprungspunktes so, dass die Bäume bei der Umwandlung der Baumpositionen in kartesische Koordinaten, im ersten Quadranten liegen. Wählen Sie den Ursprungspunkt so, dass die Bäume rechts von einer imaginären Y-Achse liegen, die vom gewählten Ursprung ausgeht und in Nordrichtung zeigt, und dass sie über einer imaginären X-Achse liegen, die vom gewählten Ursprung ausgeht und in Ostrichtung zeigt. Die Tatsache, dass die halbe Y+ Achse in Nordrichtung zeigt, kann bei der Arbeit mit GPS-Koordinaten nicht geändert werden.
3. Zeichnen Sie die GPS-Koordinaten des unter Punkt 2 gewählten Ursprungspunktes auf. Die GPS-Koordinaten werden auf dem Blatt „Origen/Ursprung“ der Vorlagendatei aufgezeichnet (löschen Sie zuerst die Koordinaten aus dem Beispiel, das als Richtlinie auf dem Blatt „Origen/ Ursprung“ erscheint).
4. Öffnen Sie das Blatt „Árboles/Bäume“ tragen Sie die GPS-Koordinaten der Bäume ein, ein Baum in jeder Zeile des Dokuments.
5. Wenn Sie mit der Aufzeichnung aller Bäume fertig sind, fangen Sie mit dem Laden der Excel-Datei aus dem Menü „Archivo/Datei“ an, Option „Importar Datos de Campo GPS /GPS-Felddaten importieren“. Die Bäume sollten im ShadeMotion-Feld erscheinen, und das Programm wird ihre GPS-Koordinaten in kartesische Koordinaten umgewandelt haben.

Zentrierung einer Reihe von Bäumen auf dem Feld

Wenn Bäume über eine kartesische oder GPS-Koordinatendatei importiert werden, kann es vorkommen, dass die Baumgruppe stark dezentriert ist, manchmal sehr nahe am Rand des Geländes oder sogar mit Bäumen außerhalb des ersten Quadranten. Die Zentrierung ist wichtig, denn wenn sich Bäume an den Rändern des kartesischen Systems befinden, werden ihre Schatten außerhalb der Schattenkarte geworfen und werden daher von ShadeMotion nicht berücksichtigt. Um die Bäume zu zentrieren, wählen Sie die Option „Centrar árboles/Bäume zentrieren“ aus dem Menü „Más opciones/Weitere Optionen“, das sich am rechten Ende der Leiste „Modo y Herramientas/Modus und Werkzeuge“ befindet.

Bäume löschen, Schatten löschen oder das Gelände räumen

Das Entfernen von Bäumen, Schatten oder beiden ist eine Notwendigkeit, die bei Simulationen sehr häufig auftritt. Wenn man das Menü „Más opciones/Weitere Optionen“ oben rechts auf dem Gelände öffnet, werden folgende drei Optionen angeboten:

Schatten löschen, Bäume löschen, Schatten und Bäume löschen.

Es ist auch möglich, einen einzelnen Baum oder eine Gruppe von Bäumen zu löschen, wobei die andere Bäume auf dem Gelände erhalten bleiben. Es gibt zwei Möglichkeiten, dies zu tun:

- 1) Wählen Sie die Symbole „Plantar/pflanzen“ und „borrador/Radiergummi/löschen“, beide in der „Modo herramienta“ Modus- und Werkzeugleiste:



und klicken Sie mit der linken Maustaste auf die Bäume, die zu entfernen sind.

- 2) Wählen Sie die Symbole „ Plantar/pflanzen“ und „ Seleccionar/auswählen“ in der Modus- und Symbolleiste



Schließen Sie mit der Maus einen Bereich ein mit den Bäumen, die Sie entfernen möchten. Sie werden feststellen, dass die Bäume von einem kleinen Kreis umgeben sind, wenn sie sich innerhalb eines Auswahlbereichs befinden. Sie können sie entfernen, indem Sie die Taste „ Supr/ Entf“ drücken („Del“ für englische Tastaturen) oder indem Sie mit der rechten Maustaste klicken und die Option „Remover/Entfernen“ wählen.

Beschreibung neuer Arten und Ausfüllen ihrer Tabellen

ShadeMotion bietet einige vorinstallierte Baumarten an: generisch, falscher Lorbeer (*Cordia alliodora*), Orange (*Citrus sinensis*), Kakao (*Theobroma cacao*), Karibischer Korallenbaum (*Erythrina poeppigiana*), Banane (*Musa spp.*) und Teak (*Tectona grandis*). Der Benutzer kann auch seine eigene Art definieren. Klicken Sie dazu auf die Option „Especies/Arten“ in der „Barra de Menús/ Menüleiste“. Klicken Sie im Pop-up-Fenster auf das „+“-Zeichen in der oberen rechten Ecke, wie in Abbildung 16 dargestellt.

Abbildung 16. Tabelle „Especies/Arten“, in der neue Arten beschrieben werden.

Nachdem der Name der Art in das Feld „Nombre/Name“ geschrieben wurde, müssen die restlichen Daten der Art in die entsprechenden Felder eingetragen werden. Die Tabelle enthält drei Felder: „Variación de follaje/Blattveränderung“, „Tabla de Crecimiento/Wachstumstabelle“, „% crecimiento mensual/ %monatliches Wachstum“. Ein Klick auf den jeweiligen Namen öffnet eine neue Tabelle, in der die entsprechenden Daten eingegeben werden. Die Tabelle „Variación de follaje/Blattvariation“ enthält nur die Felder zur Eingabe der Prozentsätze, die den 12 Monaten des Jahres entsprechen. Die „Tabla de Crecimiento/Tabelle Wachstum“ ermöglicht es, Zeilen mit den Daten für jedes Jahr hinzuzufügen. Die Tabelle zeigt dannach nur eine Zeile, aber neue Zeilen können erzeugt werden, indem man auf das Symbol „Duplicar/ Duplizieren“ rechts neben der Zeile klickt. Wenn es mehr als eine Zeile gibt, dupliziert diese Aktion die vom Benutzer angeklickte Zeile, die der Benutzer mit den Werten des entsprechenden Jahres bearbeiten kann.

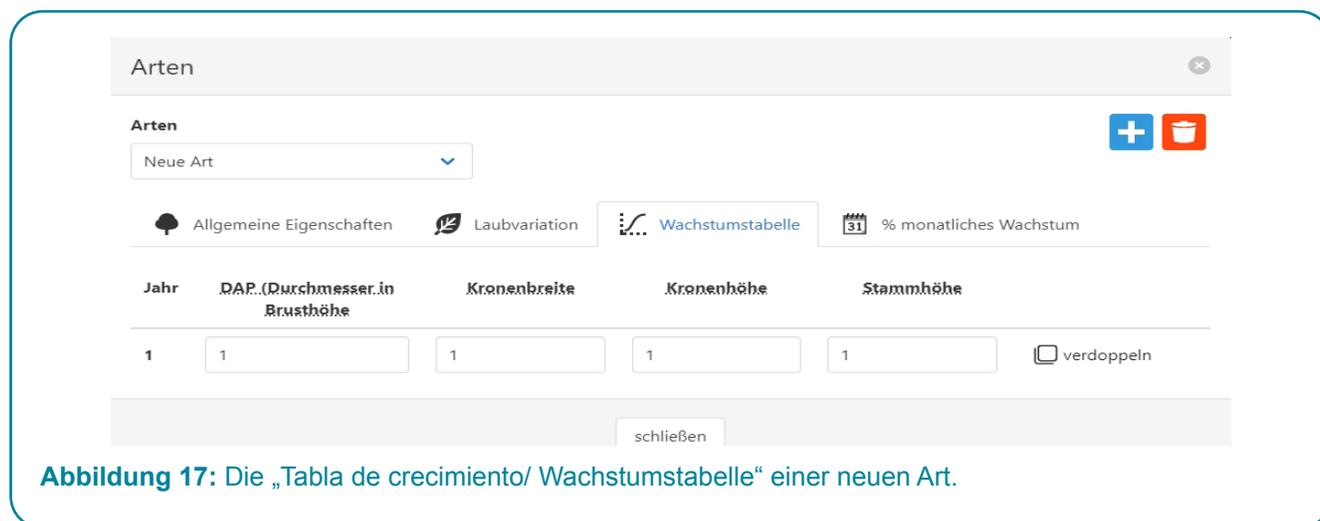


Abbildung 17: Die „Tabla de crecimiento/ Wachstumstabelle“ einer neuen Art.

Wenn die Anzahl der Jahre in der Simulation größer ist als die Anzahl der ausgefüllten Zeilen in der Tabelle, wiederholt ShadeMotion die Werte in der letzten Zeile, bis die Anzahl der Jahre in der Simulation abgeschlossen ist. Wenn Sie die Art entfernen möchten, müssen Sie auf das Papierkorb-Symbol rechts neben dem „+“-Zeichen klicken. Beim Speichern einer Simulation (Option „guardar como/speichern unter“) werden die vom Benutzer definierten Arten zusammen mit ihren Tabellen als Teil ihrer Ausgangsdaten gespeichert. Das Feld „% Crecimiento mensual/ %monatliches Wachstum“ bezieht sich auf Baumarten, die regelmäßig beschnitten werden, was im nächsten Abschnitt besprochen wird.

Die beschneidbaren Arten

Das Beschneiden der Baumkronen (um Licht eindringen zu lassen, die Biomasse zu ernten und sie als Mulch, Brennholz oder als Tierfutter usw. zu verwenden) ist eine übliche Praktik in der Agroforstwirtschaft. In ShadeMotion kann jede Art als beschneidbar definiert werden. Das Wachstum eines Baumes erfolgt auf zwei Zeitskalen: 1) seine Gesamtgröße ändert sich jedes Jahr mit zunehmendem Alter und 2) die Dimensionen seiner beschnittenen Krone ändern sich monatlich. Die Wachstumstabelle spiegelt die Dimensionen des Baumes in jedem Alter und ohne Beschneidung wider. Das Beschneiden wird in ShadeMotion als Prozentsatz der Kronenabmessungen in der Wachstumstabelle für ein bestimmtes Jahr dargestellt.

Arten

Arten + 🗑️

Neue Art ▼

🌳 Allgemeine Eigenschaften 🍃 Laubvariation 📊 Wachstumstabelle 📅 % monatliches Wachstum

Januar	Februar	März	April
100 %	100 %	100 %	100 %
Mai	Juni	Juli	August
100 %	100 %	100 %	100 %
September	Oktober	November	Dezember
100 %	100 %	100 %	100 %

schließen

Abbildung 18. Tabelle mit Laubvariation.

Probenaufnahme, Flaggen, Proben-Aufnahmezone und Simulation auf geneigtem Gelände

3 Kapitel

Die Schattenüberlappung

Zwei oder mehr Bäume können in jedem Moment der Simulation gleichzeitig eine Zelle des Geländes beschatten (was wir als Überlappung bezeichnen). Auf Wunsch des Benutzers zählt ShadeMotion die Anzahl der Schattenstunden, die jede Zelle des Geländes erhält, wobei die Überlappungen berücksichtigt werden oder nicht. Wenn zum Beispiel während der Simulation und mit einer Häufigkeit der Sonnenbewegung von 1 Stunde eine Zelle gleichzeitig von 3 Bäumen beschattet wird, zählt ShadeMotion 1 Stunde Schatten in der Datei OHNE Überlappungen und 3 Stunden in der Datei MIT Überlappungen. Die Beschreibung mit oder ohne Überlappungen ist wichtig für die Interpretation des Prozentsatzes des Schattens, der für die Zelle gemeldet wird, und für die statistischen Werte, die wir in den Ergebnissen beobachten werden (nächstes Kapitel dieses Tutorials). Wenn die Option OHNE Überlappungen gewählt wird, variiert der Schattenanteil zwischen 0 und 100%, da die Anzahl der Schattenmomente, die in einer Zelle gezählt werden können, gleich oder kleiner als die Gesamtzahl der Momente in der Simulation ist. Wenn die Option MIT Überlappungen gewählt wird, kann die Beschattungsfrequenz mehr als 100% betragen. Die Anzahl der Schattenmomente mit Überlappungen ist ein Maß für die „Intensität“ des Schattens, den jede Zelle erhält. Es liegt auf der Hand, dass der Schatten, wenn mehrere Bäume gleichzeitig eine Zelle beschatten, größer ist, als wenn nur ein Baum beschattet wird.

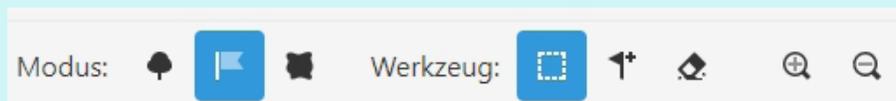
Standardmäßig werden die Simulationen im Modus „sin traslapos/ ohne Überlappungen“ ausgeführt. Um den Modus zu ändern, müssen Sie die Schaltfläche << Traslapos/ Überschneidungen>> in der zweiten Zeile der Symbolleiste aktivieren oder deaktivieren.



Pflanzen die unter den Bäumen wachsen

ShadeMotion entstand als Initiative zur Untersuchung von Schatten in Agroforstparzellen, wo sich eine Kulturpflanze das Gelände mit einer Reihe von mehrjährigen schattenspendenden Gehölzpflanzen teilt. Obwohl die Eigenschaften der Kulturpflanze und der Schatten, den die Pflanzen werfen, nicht berücksichtigt werden, bietet das Programm die Möglichkeit, auf einige Aspekte im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Kulturpflanzen auf der Parzelle zu reagieren. Die Idee, eine oder mehrere Zellen des Geländes zu markieren, in denen Kulturpflanzen im Unterbau zu finden sind, um zu wissen, wie viel Schatten sie ausgesetzt sind, führte zu der Idee, Fahnen in den Zellen anzubringen, in denen eine Kulturpflanze zu finden ist oder einfach nur, wo man wissen möchte, wie viel Schatten es gibt.

1. **Setzen von Fahnen.** Angenommen, Sie wollen eine oder mehrere Zellen im Boden markieren, um herauszufinden, wie viel Schatten die Zellen erfahren. Dies kann durch das Setzen von Fahnen in den Zellen erfolgen (in früheren Versionen von ShadeMotion als „Zeichen“ bekannt). Das Programm setzt rote Punkte in die markierten Zellen. Um eine *Fahne* einzusetzen, klicken Sie auf das Fahnenymbol in der Modus- und Symbolleiste oberhalb des Geländes:



Wenn Sie auf die Fahne klicken, wird automatisch auch das Axt-Symbol rechts neben der Fahne ausgewählt. Die Fahne wird eingesetzt, indem Sie den Zeiger auf die Zelle bewegen, die Sie markieren möchten, und darauf klicken.

2. **Löschen von Fahnen.** Um eine Fahne zu löschen, während diese markiert ist, wählen Sie das Symbol in Form eines Radiergummis rechts neben der Axt und klicken Sie auf die Zelle, die die Fahne, die zu löschen ist, enthält. Sie können auch alle Fahnen innerhalb einer Region löschen, indem Sie wie folgt vorgehen:
 - 1) Markieren die Region mit der Taste „Selección/Auswahl“.
 - a. Klicken Sie mit der rechten Maustaste und wählen Sie die Option „remover/entfernen“.
 - b. Oder durch Drücken der Taste „Supr/Ent“ („DEL“).
3. **Grösse der Kulturpflanze in einer statischen Simulation.** Angenommen, Sie möchten die Verteilung des Schattens in einer bestimmten Höhe über dem Boden wissen, z.B. im oberen Kronenbereich von Kulturpflanzen im Unterbau, so erlaubt ShadeMotion, Schattenkarten in verschiedenen Höhen über dem Boden zu erhalten, indem Sie die gewünschte Höhe in das Feld „Altura del cultivo/Grösse der Kulturpflanze“ eingeben, das sich in der Zone „Terreno/Gelände“ befindet. Folgende Einschränkung ist zu beachten: Die eingegebene Höhe darf nicht gleich oder größer als der Wert der niedrigsten Stammhöhe der Schattenbäume sein.
4. **Pflanzenwachstum in einer dynamischen Simulation.** Wenn die Fahnen als Pflanzen eines Anbaus interpretiert werden, ist es möglich, dem Anbau eine Wachstumstabelle zuzuordnen, indem man auf die Schaltfläche „Altura del cultivo/Grösse der Kulturpflanzen“ am unteren Rand der Zone „Terreno/Gelände“ klickt. Auf diese Weise wird die Schattenkarte jedes „Paso/Schrittes“ (siehe Definition von Schritt) einer dynamischen Simulation gemäß der Grösse der Kulturpflanzen im Unterbau berechnet.

Wahl eines Probenahmebereichs innerhalb der Parzelle.

Mehrere Gründe können den ShadeMotion-Benutzer dazuführen, den Schatten in einem Teil und nicht in dem gesamten Gelände berechnen zu wollen.

- Zum Beispiel wenn der Schatten aufgrund des Baumbestandes nicht über das gesamte Gelände gleichmäßig verteilt ist, sondern nur in einem Teil (siehe Abbildung 19). Wenn der Benutzer keine Teilregion der Parzelle auswählt, dann, berechnet ShadeMotion die Prozentsätze des Schattens und die deskriptiven Statistiken des Schattens in der Darstellung, wobei ALLE Zellen

des Geländes berücksichtigt werden, was dazu führen kann, dass die Durchschnittswerte und andere statistische Daten künstlich gesenkt werden aufgrund vieler Zellen ohne Beschattung.

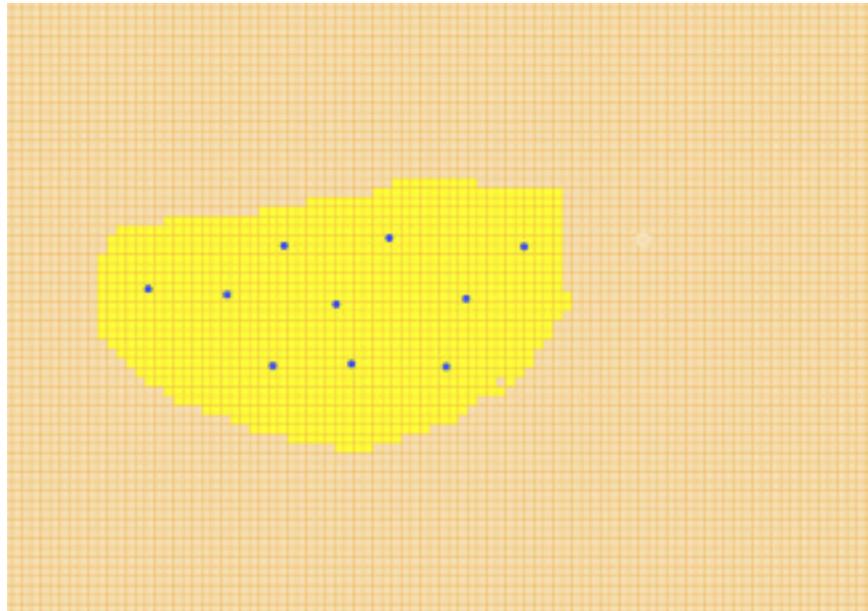


Abbildung 19. Die Abbildung zeigt 10 Bäume in einem abgegrenzten Kartierungsgebiet

- In anderen Fällen erhalten die Zellen am Rand des Geländes weniger Schatten als die Zellen in der Mitte des Geländes, obwohl die Bäume gleichmäßig über den Boden verteilt sind. Auch hier gilt: Wenn kein zentraler repräsentativer Bereich zur Bestimmung des Schattens angegeben wird, berechnet ShadeMotion Schattenprozentsätze und andere statistische Ergebnisse unter Berücksichtigung ALLER Zellen im Gelände, was sich auf die Genauigkeit der Mittelwerte auswirkt. In diesem Fall muss der Benutzer zwei Simulationen ausführen, die erste, um das Schattenmuster visuell zu bestimmen und die Region mit der meisten Beschattung zu identifizieren, und die zweite, um ShadeMotion anzuweisen, nur den Schatten in dieser Region zu berechnen.
- Weil man die Zeit, die für die Durchführung einer Simulation mit vielen Bäumen, auf sehr großem Gelände und mit langen Simulationszyklen beschleunigen möchte.

ShadeMotion ermöglicht, den Teil des Geländes, welches für die Schattenberechnung nötig ist, zu markieren. Es werden keine Zellen außerhalb des markierten Bereichs hinsichtlich der Schattierung berechnet. Es ist jedoch zu beachten, dass das Programm den Schattenwurf innerhalb des Probenahmegebiets (*Samplingzone*), berücksichtigt, der durch Bäume außerhalb des Probenahmegebiets erfolgt. Mehrere Geländeabschnitte können markiert werden und die Abschnitte können voneinander getrennt sein.



Ein Probenahmebereich wird markiert, indem der Pinsel mit der Maus über die entsprechenden Zellen geführt wird. Wenn Sie einen dickeren Pinsel haben möchten, wählen Sie im Feld „Grosor de la brocha /Pinseldicke“ im Bereich „ Árboles/Bäume“ links neben dem Gelände eine andere Dicke:



Abbildung 20.

Ein rechteckiger Musterbereich kann mit dem Auswahl-Taste bemalt werden: Nachdem der rechteckige Bereich ausgewählt wurde, klickt man mit der rechten Maustaste und wählt die Option „pintar zona de muestreo/Probereich markieren“. Man soll beachten, dass das Fenster, in dem man die Dicke des Pinsels wählen kann, nur erscheint, wenn das Symbol des Probenahmebereichs ausgewählt wird. Es ist auch möglich, Probenahmebereiche zu markieren, die aus mehreren separaten Regionen bestehen.

Die Löschung des Probenahmebereichs

Es gibt zwei Möglichkeiten, den gelb markierten Probenahmebereich zu löschen.

- 1) Wählen Sie die Symbole „Zona de muestreo/Probenahmebereich“ und „Borrador/Radiergummi oder löschen“ sowohl in der Modus- als auch in der Werkzeugleiste:



Gehen Sie mit der Maus über die Teile, die zu löschen sind. Sie können die Dicke des „Radiergummis“ in dem oben erwähnten Feld „Grosor de la brocha/Pinseldicke“ einstellen.

- 2) Markieren Sie mit der Auswahl-Taste den Probenbereich oder einen Teil davon, den Sie löschen möchten, klicken Sie mit der rechten Maustaste und wählen Sie die Option „Borrar zona de muestreo/Probenbereich löschen“. Bei dieser Option muss das Radiergummi-Symbol nicht ausgewählt werden.

2D- und 3D-Ansichten des Geländes und der Bäume

2D-Ansicht

Die auf dem Raster des Geländes gepflanzten Bäume sind in den folgenden drei Modi zu sehen:

- 1) Punktmodus: als gefüllter Punkt, der die Position des Baumes anzeigt.
- 2) Kreis-Modus: als ein Punkt, der von einem Kreis umgeben ist, dessen Durchmesser der Breite der Krone entspricht.

- 3) Transektmodus oder 'Profilansicht': als Querschnitte des Baumes, die den Kronentyp und die Stammhöhe im Verhältnis zu seinen Abmessungen zeigen.

Die Standardoption ist „Puntual/Punktmodus“. In allen drei Fällen sind die verschiedenen Arten mit unterschiedlichen Farben bemalt. Die Option der 2D-Ansicht der Bäume wird im Menüfenster „Configuración/Einstellungen“ im Feld „Pintado de copa/Kronenbemalung“ gewählt.



Abbildung 21. Bäume mit unterschiedlicher Kronenform, betrachtet unter der Option "Profilansicht".

3D-Ansicht

Es ist jederzeit möglich, eine 3D-Ansicht der Bäume auf dem Boden während der Vorbereitung, während und am Ende der Simulation zu erhalten, indem man auf die Option „Vista 3D /3D-Ansicht“ in der Menüleiste klickt. Durch die Verwendung der folgenden Elemente:

- 1) Das Mausrad
- 2) Ziehen mit der Maus
- 3) Die Pfeile auf der Tastatur

ist es möglich, das Gelände zu vergrößern, zu verkleinern, zu verschieben oder zu drehen, um verschiedene Ansichten des Grundstücks mit den Bäumen zu erhalten.

Simulationen auf geneigtem Gelände

Bei einer Simulation auf geneigtem Gelände, ist es wichtig, dem Programm zwei Winkel zur Verfügung zu stellen, die den Grad der Neigung und die Position der Parzelle beschreiben:

- Maximaler Neigungswinkel σ auch Steigungswinkel genannt.
- δ Winkel, der den Azimut der Neigung misst (die Richtung, in die die maximale Neigung „zeigt“). Dieser Winkel wird von Norden im Uhrzeigersinn und vom Hang aus nach unten gemessen. Wenn der Hang beispielsweise in seiner Abwärtsrichtung nach Osten „schaut“, würde der Winkel von δ 90° messen.

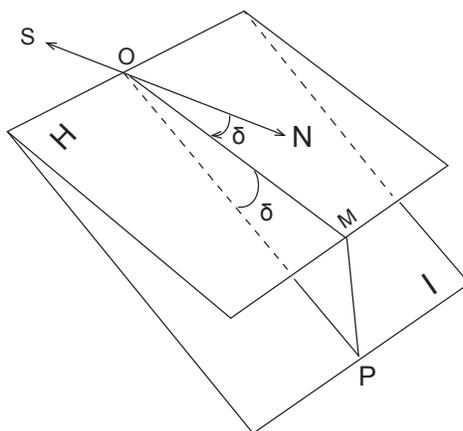


Abbildung 22. Die Abbildung zeigt eine horizontale Ebene H und eine geneigte Ebene I mit den beiden Winkeln, die die Neigung und Position der geneigten Ebene bestimmen. Diese Winkel sind der Neigungswinkel σ (<MOP) und der Neigungsorientierungswinkel δ (<NOM). Beide Winkel werden in der Zone „Terreno/Gelände“ rechts neben dem Geländegitter eingegeben. Der Wert des Neigungswinkels σ wird in das Feld „Ángulo de inclinación/Neigungswinkel“ und der Winkel δ in das Feld „Dirección de la pendiente/Neigungsrichtung“ eingegeben.

Neigungswinkel	Richtung der Neigung
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Orientierung der Y+-Achse auf geneigtem Gelände

Auf geneigten Grundstücken ist es nicht möglich, die Richtung der Y+-Achse zu ändern, deren Richtung mit den Linien der maximalen Abwärtsneigung zusammenfällt. Diese Richtung wird vom Programm automatisch zugewiesen. Die folgenden Vorsichtsmaßnahmen sind zu treffen:

1. Die positive Y+-Achse muss in die Richtung der maximalen Steigung und in deren Abwärtsrichtung zeigen.
2. Der Koordinatenursprung muss an einem Punkt liegen, so dass sich die Bäume innerhalb des ersten Quadranten befinden.

Sobald das improvisierte Koordinatensystem im Feld definiert ist, muss der Winkel, der durch die positive Halbachse Y+ (oder äquivalent dazu eine Linie mit maximaler Neigung nach unten) mit dem geografischen Norden gebildet wird, gemessen werden. Der Winkel wird mit einem positiven Vorzeichen im Uhrzeigersinn gemessen und im Feld „Dirección de la pendiente/Neigungsrichtung“ im Bereich „Terreno/Gelände“ eingegeben.

Filter

Filter erlauben Schattenkarten zu erstellen, welche nur diejenigen Bäume einer bestimmten Grösse oder Baumart berücksichtigen oder auch nur diejenigen Zellen mit einer bestimmten Anzahl von Schattenstunden. Es gibt drei Arten von Filtern, die man anwenden kann:

3. nach Anzahl der Schattenstunden/rango de sombra acumulada
4. nach Arten / especies
5. nach Höhe der Bäume / rango de alturas total

Filter

Filter aktivieren

Anzahl der Schattenstunden

0 h ≤ Schatten ≤ 1000000 h

Gesamthöhenbereich (Stammhöhe + Kronenhöhe)

0 m ≤ Gesamthöhe ≤ 100 m

Arten

Generica Laurel Naranja Cacao Poro

Café arabigo cv. caturra Banano Teca

schließen

Abbildung 23. Filter vom Typ 2 und 3 erfordern, dass die Simulation nach dem Anwenden des Filtrós/Filters erneut ausgeführt wird, aber nicht beim Filter vom Typ 1.

Schritte und Intervalle

Eine Simulation in ShadeMotion ist eine Abfolge von Momenten, in denen gezählt wird, ob es Schatten (mit oder ohne Überlappungen) in jeder Zelle des Geländes oder in dem vom Benutzer markierten Probenahmebereich gibt oder nicht. Der Benutzer kann die Anzahl der Stunden des Schattens beobachten, die sich in zwei Arten von Zeitintervallen angesammelt haben, wobei ein langes (PASO/SCHRITT) ein anderes (INTERVAL/INTERVALL) von gleicher oder geringerer Dauer als der Schritt enthält. Wir können zum Beispiel eine dynamische Simulation von 30 Jahren durchführen, wobei die Ergebnisse der Schattenbildung in 30 jährlichen Schritten beobachtet werden und jeder dieser Schritte in 12 Monatsintervalle unterteilt wird. Wir sind daran interessiert, die Veränderungen der Schattenresultate in monatlichen Intervallen zu beobachten, weil die Laubbaumstruktur monatlich ist und weil es schneidbare Arten gibt, die aufgrund des monatlichen Beschneidens ihre Kronenabmessungen monatlich verändern.

Der Benutzer wählt zwischen den Optionen zur Festlegung der Dauer der Schritte und der Intervalle im Menü „Configuración/Einstellung“ in den in Abbildung 24 angegebenen Feldern.



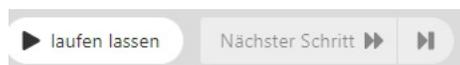
Die für den Schritt und das Intervall zu wählenden Werte sind: jährlich, halbjährlich, monatlich, wöchentlich und täglich.

Zwei Möglichkeiten zum Ausführen einer dynamischen Simulation

Bei dynamischen Simulationen können die Benutzer wählen, die Simulation am Ende jedes Schrittes anzuhalten, um den Schatten zu analysieren und zu entscheiden, ob einige Bäume gepflanzt oder entfernt werden sollen, bevor der nächste Schritt begonnen wird.

Eine dynamische Simulation kann auf zwei mögliche Arten ausgeführt werden:

- 1) Von Anfang bis Ende, ohne dass die Simulation bei irgendeinem Schritt stoppt, durch Drücken der Schaltfläche „Correr/Ausführen“.
- 2) Auf solche Weise, dass die Simulation bei jedem Schritt stoppt, wofür Sie die Simulation mit der Schaltfläche „Sig. Paso/Nächster Schritt“ starten und jedes Mal, wenn das Programm stoppt, drücken müssen, um zum nächsten Schritt zu gelangen. Wenn der Benutzer in einem bestimmten Schritt das Programm nicht mehr stoppen will, so dass es bis zum Ende läuft, dann muss er das Symbol rechts neben „Sig. Paso/Nächster Schritt“ drücken.
- 3)



Das Menü „Configuración/Einstellung“

Einige der Optionen, die die Anfangseinstellung einer Simulation bestimmen, finden Sie im Menü „Configuración/Einstellung“, das in Abbildung 25 dargestellt ist. Mehrere dieser Optionen wurden bereits erwähnt, und einige brauchen keine Erklärung.

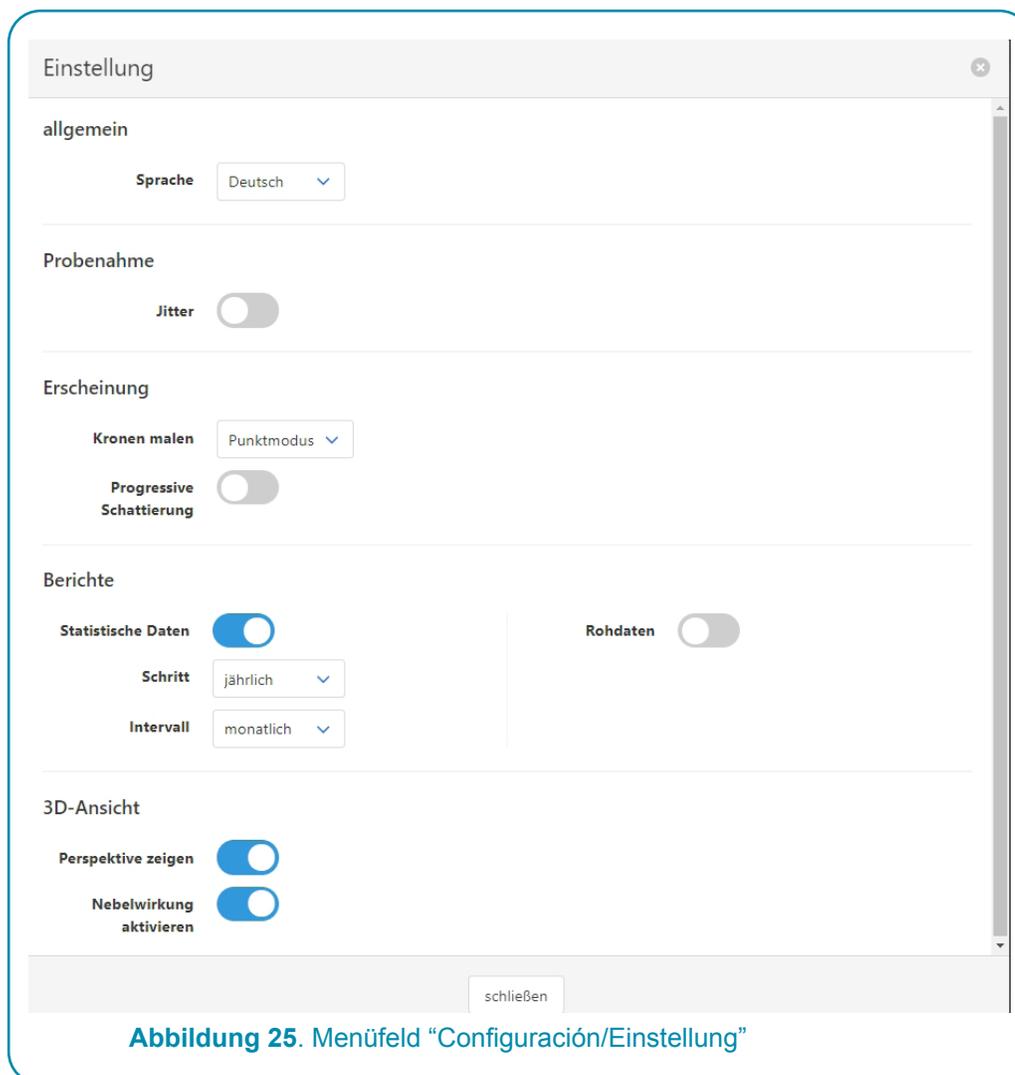


Abbildung 25. Menüfeld "Configuración/Einstellung"

Zu den anderen Optionen, die im Fenster angezeigt sind und noch nicht diskutiert wurden, gehören:

Jitter. Wenn diese Option ausgewählt ist, wird die Berechnung der Schatten nicht immer zum genauen Zeitpunkt durchgeführt, sondern zu manchen Momenten etwas vor oder etwas hinterher berechnet. Auf diese Weise soll das Vorhandensein von Bereichen ohne Schatten, die durch den Sprung der Schattenposition von einer Stunde zur nächsten entstehen, vermieden werden. Dieser Effekt ist bei Simulationen mit wenigen Bäumen und für kurze Zeiträume stärker spürbar.

Sombreado progresivo/Progressive Schattierung. Diese Schaltfläche aktiviert die so genannte „progressive Schattierung“, mit der man beobachtet, wie sich die Schattenkarte während der Simulation verändert. Wenn die progressive Schattierung deaktiviert ist - estado por omisión/Standardzustand - erscheint die endgültige Schattenkarte am Ende der Simulation.

Der zentrale Teil des Fensters enthält die Berichte, deren ausführliche Erklärung wir auf das nächste Kapitel verschieben werden.

Beispiele für Simulationen

Nachdem wir die grundlegenden Elemente vorgestellt haben, die für eine Simulation erforderlich sind, zeigen wir einige Beispiele mit einigen der Situationen, die vorkommen können, sowie die Punkte, die zu beachten sind, um die jeweilige Simulation zu gestalten.

Beispiel #1: Eine momentane Simulation.

Ziel: Bewertung des Schattens, der von 10 *Citrus sinensis* (Orangen)-Bäumen, die 5 Jahre alt sind, geworfen wird, die mit der Maus auf einem 1 Ha großen Grundstück, in horizontaler Ebene, an einem Ort auf dem Boden bei 10 Grad nördlicher Breite um 10 Uhr morgens am 25. Oktober gepflanzt wurden.

Welche Einstellungen und Schritte sollten befolgt werden?

- 1) Sofortsimulation wählen.
- 2) Die Art *Citrus sinensis* (Orangenbaum) auswählen und ihr die Dimensionen zuweisen, die einem Alter von 5 Jahren in der Zone „árboles/Bäume“ entsprechen (in momentanen und statischen Simulationen werden die Wachstumstabellen nicht berücksichtigt).
- 3) Datum und Uhrzeit des Simulationsmoments, den man beobachten möchte, soll gewählt werden.
- 4) Überprüfen der Werte der Parameter in den Schnittstellenbereichen.
- 5) Falls man die Ausrichtung der Y+-Halbachse ändern möchte, muss dies vor der Pflanzung der Bäume erfolgen.
- 6) Die Bäume manuell pflanzen
- 7) Wählen zwischen den Optionen mit oder ohne Überschneidungen.
- 8) Überprüfen, ob alle Werte im Bereich „Terreno/Gelände“ korrekt sind.
- 9) Die Simulation ausführen.
- 10) Ergebnisse überprüfen: 1) die Pflanzkarte der Bäume prüfen.

Beispiel Nr. 2: eine statische Simulation

Ziel: Evaluierung der Beschattung durch 70 Terminalia-Bäume (*Terminalia ivorensis*) und 140 Karibische Korallenbäume (*Erythrina poeppigiana*) mit Rückschnitt. Die Bäume werden in systematischer Weise gepflanzt, in einer quadratischen Anordnung von 12 m x 12 m, beide Arten. Man will den Schatten auf der Höhe der Kaffeepflanzen analysieren, die im Studienjahr 2 m hoch sind. Die Simulation wird ein Jahr dauern, vom 1. Januar 2020 bis zum 31. Dezember 2020, mit einer täglichen Sonnenscheindauer von 9 Simulationszeiten, stündlich zwischen 8 Uhr morgens und 16 Uhr nachmittags, am Äquator. Das Gelände ist horizontal.

Welche Einstellungen und Schritte sollten befolgt werden?

- 1) Überprüfen, ob der aktive Simulationstyp eine statische Simulation (simulación estática) ist.
- 2) Die Art *Terminalia ivorensis* in der Zone „Arboles/Bäume“ definieren und der Krone, dem Stamm und der Kronendichte Werte zuweisen, und die Tabelle „Variación del follaje/ Laubvariation“ ausfüllen.
- 3) Die Werte der Parameter in den Bereichen „Arbol/Baum“ und „Terreno/Gelände“ überprüfen.
- 4) Wenn Sie die Ausrichtung der Y+-Halbachse ändern möchten, muss dies vor der Pflanzung der Bäume erfolgen.
- 5) Die entsprechende systematische Anordnung muss definiert werden, die Koordinaten des ersten *Terminaliabaums* und des ersten Karibischen Korallenbaums muss eingegeben werden.
- 6) Die Schritte und Intervalle werden auf ihren Standardwerten gelassen: jährlich bzw. monatlich.
- 7) Die Grösse der Kaffeebüsche muss eingegeben werden.
- 8) Entscheiden, ob man die Simulation mit oder ohne Überschneidungen durchführen möchte.
- 9) Die Simulation soll ausgeführt werden.
- 10) Überprüfen der Ergebnisse: 1) Prüfen der Pflanzkarte der Bäume, 2) Analyse der statistischen Ergebnisse nach Schritten und Intervallen, 3) Analyse der Entwicklung der Bäume, entlang der Schritte und Intervalle, 4) Falls gewünscht Ergebnisdateien speichern.

Beispiel Nr. 3: eine dynamische Simulation

Ziel: Untersuchung der räumlich-zeitlichen Verteilung von Schatten auf einer Kaffeeplantage mit Schatten der Holzart *Cordia alliodora* und *Erythrina poeppigiana* (Karibischer Korallenbaum), einer Baumart, die alle 6 Monate die Blätter abwirft, oder zurückgeschnitten wird. Die Simulation wird über einen Zeitraum von 30 Jahren auf einem 1 Hektar großen Grundstück bei 10° nördlicher Breite ausgeführt.

Welche Einstellungen und Schritte sollten befolgt werden?

- 1) Die Option dynamische Simulation (*simulación dinámica*) wählen.
- 2) Die Standardoption „sin traslapos/ohne Überschneidung“ nicht ändern.
- 3) Das Start- und Enddatum und die tägliche Sonnenscheindauer festlegen.
- 4) Es ist nicht notwendig, die Arten zu definieren, da sie bereits vordefiniert sind und ihre jeweiligen Tabellen haben.
- 5) Jährliche Schritte und monatliche Intervalle wählen.
- 6) Die Daten und Uhrzeiten eingeben und überprüfen, ob die Baum- und Geländewerte korrekt sind.
- 7) Wenn man die Ausrichtung der Y+-Halbachse ändern möchte, muss dies vor der Pflanzung der Bäume erfolgen.
- 8) Pflanzung einer systematischen Anordnung von Cordia-Bäumen mit einem Abstand zwischen Reihen und Spalten von 12 Metern und einer systematischen Anordnung von Karibischer Korallenbäumen mit einem Abstand zwischen Reihen und Spalten von 6 Metern (dazu muss überlegt werden, wie beide Arten so gepflanzt werden, dass ein akzeptabler Abstand zwischen den beiden Arten besteht).
- 9) Man muss entscheiden, ob man die Simulation Schritt für Schritt durchführen möchte oder nicht.
- 10) Man muss entscheiden, ob man die Erzeugung einer Rohdatei anfordern möchte.
- 11) Die Simulation soll ausgeführt werden.
- 12) Ergebnisse überprüfen: 1) die Pflanzkarte der Bäume prüfen, 2) die statistischen Ergebnisse nach Schritten und Intervallen analysieren, 3) die Entwicklung der Bäume im Verlauf der Schritte und Intervalle analysieren, und 4) falls gewünscht die Ergebnisdateien speichern.

Jede Simulation generiert Landkarten, statistische Ergebnisse und Rohdaten.

- Es gibt zwei Arten von Karten: 1) die den Standort jedes Baumes zeigen und 2) eine 3D-Ansicht der Bäume im Gelände. Am Ende einer Simulation wird die Schattenkarte des letzten Simulationsmoments angezeigt, aber in den statistischen Ergebnissen werden die Karten in Schritten und Intervallen dargestellt.
- Die statistischen Ergebnisse der Anzahl der Schattenstunden im gesamten oder einem Teil des Geländes, pro Schritt und Intervall, umfassen folgendes:
 - Deskriptive univariante Statistik: Minimum, Maximum, Durchschnitt, Modus, Median, Asymmetrie und Kurtosis.
 - Histogramme der relativen und kumulativen Häufigkeiten der Anzahl der Beschattungsstunden.
- Es gibt zwei Arten von Dateien: statistische Ergebnisse und Rohdaten
 - Die statistischen Ergebnisse werden in einer Datei zusammengestellt, die im html-, excel- und json-Format vorliegen kann.
- Wenn der Benutzer dies vor der Ausführung der Simulation anfordert (im Menü "Reportes/ Berichte"), kann er auch reine Textdateien, sogenannte „Rohdateien“, erhalten, die den Zustand des Schattens in jeder Zelle für jeden Moment der Simulation enthalten.

Die statistische Datendatei enthält folgende Tabellen:

1. die Tabelle „Datos Generales/ Allgemeine Daten“.
2. Tabelle „Sombras por Pasos/Schatten nach Schritten“.
3. Tabelle „Sombra por Intervalos/Schatten nach Intervallen“.
4. Tabelle „Especies/Arten“.
5. Tabelle „Variación mensual de Crecimiento/monatliche Wachstumsvariation“.
6. Tabelle „Variación del Follaje/ Blattvariation“.

In Bezug auf den Anbau von Kulturpflanzen im Schatten der Bäume

7. „Tabla de Crecimiento/Wachstumstabelle“.
8. Tabelle „Variación mensual de altura del cultivo/Monatliche Veränderung der Größe der Kulturpflanzen“.

Wir erklären den Inhalt jeder Tabelle.

Tabelle „Allgemeine Daten“

Diese Tabelle enthält allgemeine Informationen über die Anfangseinstellung der Simulation.

Allgemeine Daten		Globale Eigenschaften	
Zusammenfassung		Globale Eigenschaften	
Anfangsdatum:	2020-01-01	Version:	5.1.41
Enddatum:	2024-12-31	Breitengrad:	10
Anfangszeit:	08:00	Neigung des Geländes:	0°
Endzeit:	16:00	Neigungsausrichtung:	0°
Häufigkeit der Sonnenbewegung:	Jede/r Zeit	Größe des Geländes:	100 m x 100 m
Schritt:	jährlich	Probenahmebereich:	10000 m ²
Intervall:	monatlich		

Abbildung 26. Tabelle Allgemeine Daten

Tabelle „Schatten Schritt für Schritt“

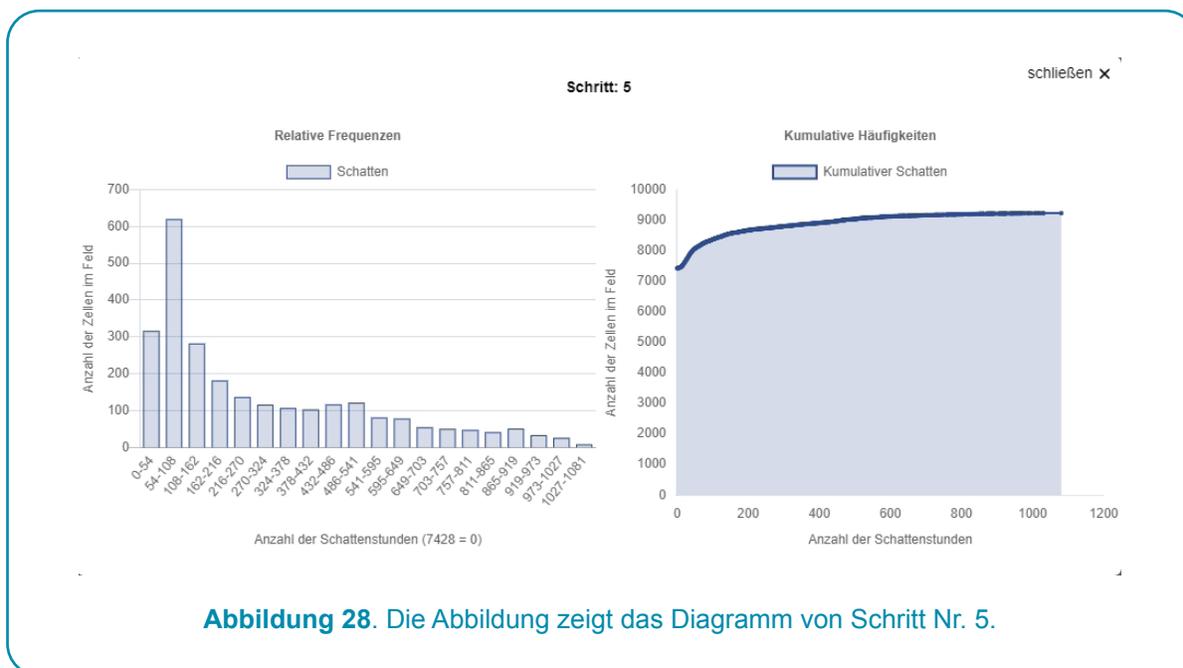
Diese Tabelle zeigt die wichtigsten Statistiken im Zusammenhang mit den akkumulierten Schattenstunden pro Schritt: Mittelwert, Standardabweichung, minimaler, maximaler Mittelwert, Modus, Asymmetrie und Wölbung. Am rechten Ende der Zeile sind für jeden Schritt zwei Wörter in blau-violetter Farbe zu sehen.

Die Abbildung zeigt die 5 Schritte, aus denen die Simulation besteht.

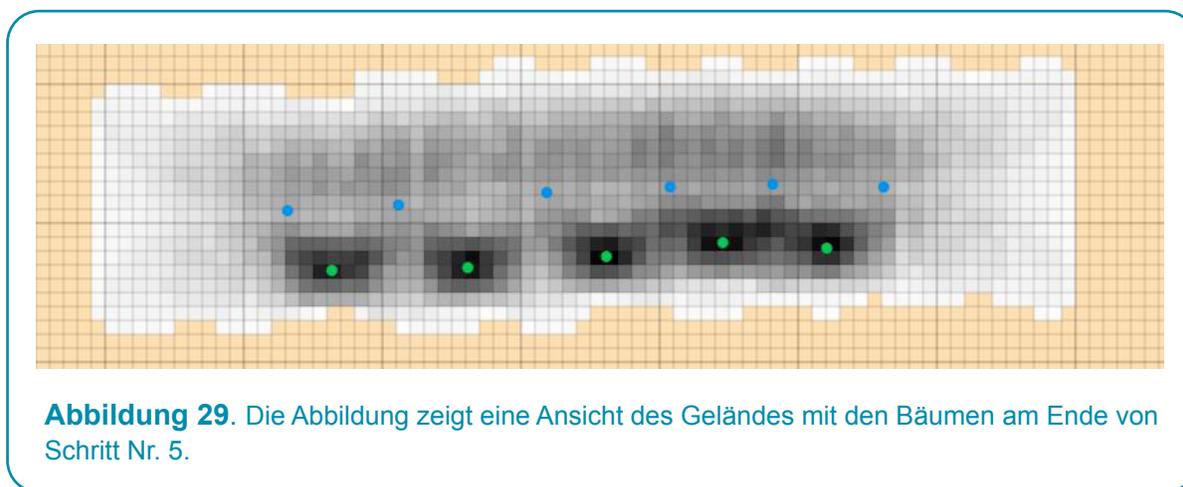
Schatten schrittweise									
Schritt	Durchschnitt	SA	Min	Max.	Medianwert	Mode	Asymmetrie	Kurtosis	Kumulative Häufigkeiten
1	8.15	45.42	0	910	0	0	10.04	132.85	Graph/Diagramm SVG
2	27.14	124.06	0	1420	0	0	6.73	53.47	Graph/Diagramm SVG
3	43.71	150.32	0	1051	0	0	3.97	15.78	Graph/Diagramm SVG
4	63.75	189.29	0	1099	0	0	3.38	10.84	Graph/Diagramm SVG
5	67.73	175.46	0	1081	0	0	3.10	9.47	Graph/Diagramm SVG

Abbildung 27. Schatten Schritt für Schritt

Wenn man auf das Wort „Gráfico/Graph“ klickt, wird eine Tabelle mit zwei Diagrammen angezeigt: ein Histogramm der relativen Häufigkeiten der Schattenstunden im Verhältnis zur Anzahl der Zellen und ein Diagramm der kumulierten Häufigkeit dieser beiden Variablen für jeden Schritt, wie in Abbildung 28 dargestellt



Das Wort „SVG“ öffnet eine Schattenkarte in drei Ebenen, die zeigen: den Schatten ohne die Bäume, die Bäume ohne den Schatten und die Bäume mit dem Schatten, wie in Abbildung 29 dargestellt:



Die Karten des Geländes mit dem Schatten und den Bäumen nach jedem Schritt, auch wenn sie nicht den Wert des Schattens in jeder Zelle zeigen, stellen eine visuelle Anleitung dar, um zu entscheiden, wann in einigen Bereichen des Geländes Bäume entfernt oder gepflanzt werden sollten.

Tabelle „Schatten nach Intervall“

Diese Tabelle enthält für jedes Intervall die gleichen deskriptiven Statistiken wie die obige Tabelle. Da jeder Schritt aus mehreren Intervallen bestehen kann, kann die Größe dieser Tabelle erheblich größer sein als die Schritte. In dem Beispiel haben wir $5 \times 12 = 60$ Intervalle. Abbildung 30 zeigt die 12 (monatlichen) Intervalle des ersten Schritts und die ersten drei Intervalle des zweiten Schritts.

Schatten in Intervalle										
Schritt	Intervall	Durchschnitt	SA	Min	Max.	Medianwert	Mode	Asymmetrie	Kurtosis	Kumulative Häufigkeiten
1	1	0.58	5.17	0	94	0	0	10.72	129.09	Graph/Diagram SVG
1	2	0.55	4.51	0	96	0	0	11.36	152.85	Graph/Diagram SVG
1	3	0.57	3.58	0	50	0	0	7.80	67.78	Graph/Diagram SVG
1	4	0.41	2.96	0	47	0	0	9.25	97.06	Graph/Diagram SVG
1	5	0.55	3.68	0	58	0	0	8.14	74.09	Graph/Diagram SVG
1	6	0.78	5.65	0	104	0	0	9.64	111.51	Graph/Diagram SVG
1	7	0.45	4.89	0	108	0	0	13.59	209.67	Graph/Diagram SVG
1	8	0.55	5.00	0	106	0	0	12.92	194.03	Graph/Diagram SVG
1	9	0.83	5.68	0	96	0	0	9.39	106.03	Graph/Diagram SVG
1	10	0.91	5.84	0	105	0	0	8.74	92.95	Graph/Diagram SVG
1	11	0.95	5.96	0	103	0	0	8.39	85.61	Graph/Diagram SVG
1	12	1.01	6.41	0	109	0	0	8.14	78.68	Graph/Diagram SVG
2	1	1.64	11.15	0	138	0	0	8.14	71.83	Graph/Diagram SVG
2	2	1.68	10.09	0	130	0	0	7.78	67.22	Graph/Diagram SVG
2	3	2.11	10.24	0	104	0	0	5.64	33.48	Graph/Diagram SVG

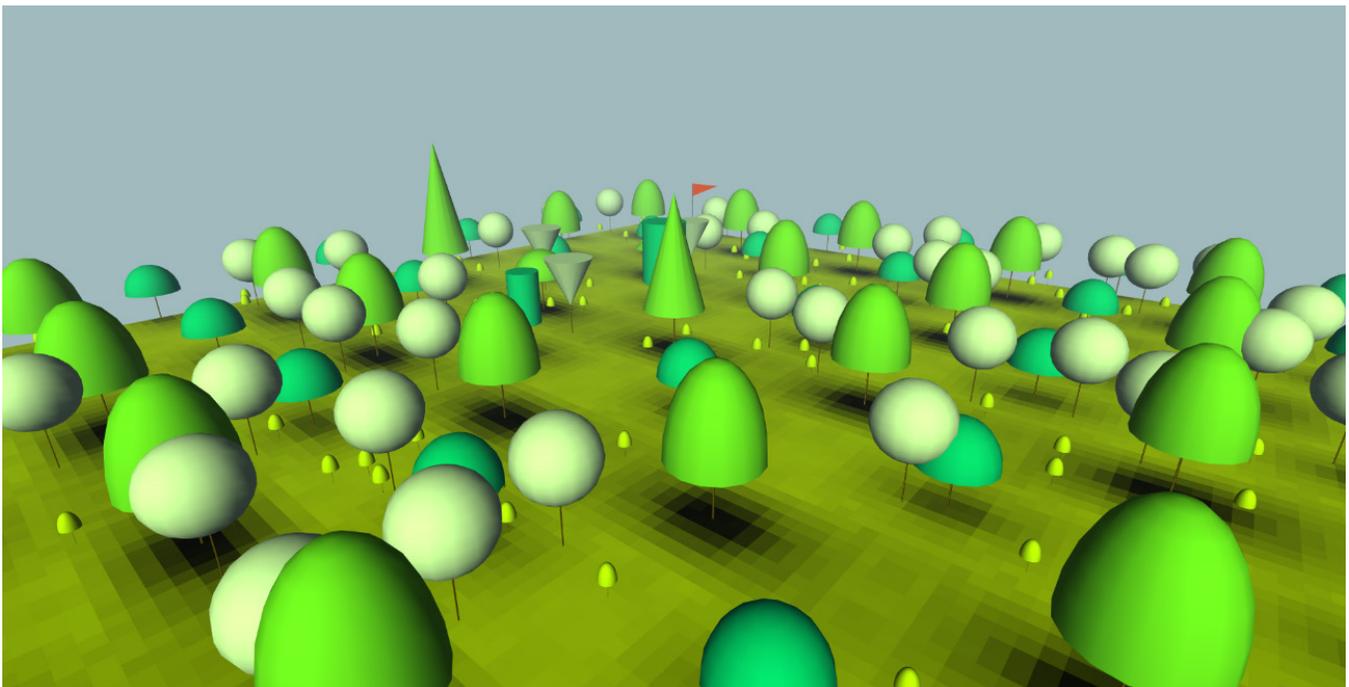
Abbildung 30. Ausschnitt der Tabelle nach Intervallen: Jedes Intervall enthält einen Graphen und eine SVG-Abbildung des Geländes mit den Bäumen.

Man beobachtet, dass die Datei aus 4 Blöcken besteht: der erste Block beschreibt die Form des Geländes und die Lage des Probenahmegebiets und die restlichen Blöcke beschreiben den Schatten in den drei Momenten der Simulation. Im ersten Block gibt die erste Zeile die Abmessungen des Geländes an, in den übrigen Blöcken gibt die erste Zeile das Datum und die Uhrzeit des Moments an, dem der Block entspricht. Der Probenahmebereich ist im ersten Block markiert und besteht aus den mit 1 markierten Positionen. Wenn der Benutzer keinen Probenahmebereich markiert, besteht der erste Block nur aus den Ziffern '0' und der Probenahmebereich wird als das gesamte Gelände betrachtet. In diesem Beispiel sehen wir, dass der Probenahmebereich nur aus 3 Zellen besteht. Ab dem zweiten Block haben wir die „Schattenblöcke“. Für jeden Moment der Simulation, der in diesem Miniaturbeispiel aus 3 Momenten besteht, wird es einen Schattenblock geben. Die erste Zeile jedes Schattenblocks gibt das Datum und die Uhrzeit des Moments an. Der erste Schattenblock (zweiter Block in der Datei), der dem Zeitpunkt 10 entspricht, zeigt, dass es in zwei der drei Zellen im Probenahmebereich eine Beschattung gab. Das Vorhandensein einer 2 in einer der Zellen zeigt, dass es eine Überlappung des Schattenwurfs zweier Bäume gegeben hat. Der nächste Block, der 11 Uhr morgens entspricht, zeigt eine Abnahme des Schattens gegenüber der vorangegangenen Stunde.

Anmerkung zum Aussehen der Raw-Data/Rohdateien: Diese sind reine Textdateien, und je nach Textverarbeitungsprogramm, mit dem diese geöffnet werden, und je nach Konfiguration des Prozessors (oder Betriebssystems) werden sie manchmal nicht in Blöcken, sondern als eine lange Zeile angezeigt. Dies kann durch eine Änderung der Einstellungen des Textverarbeitungsprogramms oder durch einen Wechsel des Prozessors korrigiert werden. Programmierorientierte Textverarbeitungsprogramme, wie z.B. *Brackets*, zeigen die Datei normalerweise im Blockformat an und fügen sogar links neben jedem Block eine Spalte ein, in der die Zeilen nummeriert sind. Diese Spalte dient als Referenz für Programmierer und wird nicht als Teil der Datei betrachtet.

Danksagungen

Die Entwicklung der Shademotion-Software ist ein langfristiges Projekt, das nur dank der nachhaltigen Unterstützung von CATIE und mehrerer Spender und Projekte möglich wurde. Von besonderer Bedeutung für die Entwicklung von Shademotion war der Übergang von statischen Simulationen in Version 3 zu dynamischen Simulationen in Shademotion 4.0 unter der Förderung des CGIAR-Forschungskonsortiums für Wälder, Bäume und Agroforstwirtschaft (FTA) und des EC-LEDS-Projekts (*Enhancing Capacity for Low Emissions Development Strategies*) des USDA. Die Umstellung auf Version 5 brachte eine wesentliche Änderung der Programmiersprache und des Codes mit sich, um die Dauer der Simulationen drastisch zu verkürzen und den Einsatz der Software in Workshops mit Landwirten in Feldschulen zu ermöglichen. Die Entwicklung dieser Version 5.1.41 wurde mit Unterstützung des CGIAR-Forschungskonsortiums für Wälder, Bäume und Agroforst (FTA) durchgeführt.



CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) ist ein regionales Zentrum für Forschung und Postgraduierten-Ausbildung in den Bereichen klimaresiliente Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Tierhaltung, sowie Management, Erhaltung und nachhaltiger Nutzung natürlicher Ressourcen. Mitgliedsländer sind Belize, Bolivien, Kolumbien, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexiko, Nicaragua, Panama, Paraguay, die Dominikanische Republik, Venezuela und das 'Interamerikanische Institut zur Zusammenarbeit für Landwirtschaft' (IICA).



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Hauptsitz, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica
Tel. + (506) 2558-2000

ISBN: 978-9977-57-737-1

