



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



EMBAJADA
DE ESPAÑA
EN GUATEMALA



Cooperación
Española
CONOCIMIENTO LA ANTIGUA



FORO

**“Alianzas Estratégicas Iberoamericanas en
Bioenergía:
Redes de Biomasa y Residuos, su rol en la
Sustentabilidad Energética Actual,
y Oportunidades post COVID-19”**



Red Iberoamericana de Tecnologías
de Biomasa y Bioenergía Rural

DEL 29 DE SEPTIEMBRE AL 01 DE OCTUBRE DEL 2020



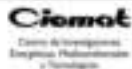
SESION TEMATICA II

“Experiencias y desafíos en la promoción de uso y manejo de la biomasa en los territorios”.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN



REDBIOLAC

Red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe

RISIGED

Red Iberoamericana de Sistemas
Híbridos de Generación Distribuida

IBEROMASA

Red de Optimización de los Procesos de
Extracción de Biomasa Sólida para uso Energético



Dr. Borja Velázquez Martí
Departamento de Ingeniería Rural y
Agroalimentaria
Universidad Politécnica de Valencia
España

“ *Optimización de los procesos de extracción de biomasa sólida para uso energético y sus implicaciones logísticas* ”



ASPECTOS GENERALES

FECHA INICIO

1 de enero de 2019

AUSPICIO O FINANCIAMIENTO

PROGRAMA IBEROMERICANO DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL
DESARROLLO

TIPO DE ORGANIZACION

RED DE INVESTIGACIÓN Y DIVULGACIÓN

SEDE DE LA COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
VALENCIA (ESPAÑA)

SOCIOS O INTEGRANTES DE LA RED

165 INVESTIGADORES

19 PAISES DE IBEROAMÉRICA

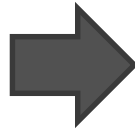
PONENCIA:

Manejo de la biomasa en los territorios:
aspectos estratégicos, tácticos y operativos.



ASPECTOS ESTRATÉGICOS, TÁCTICOS Y OPERATIVOS

AUSENCIA DE
PETRÓLEO Y CARBÓN



BIOENERGÍA
Y RESTO DE ENERGÍAS
RENOVABLES

MANEJO DE LA BIOMASA EN TERRITORIOS

ASPECTOS ESTRATÉGICOS

ASPECTOS TÁCTICOS

ASPECTOS OPERATIVOS

A large, dark grey arrow pointing to the right, with a lighter grey shadow underneath, positioned at the top left of the slide.

DECISIONES ESTRATÉGICAS



DECISIONES ESTRATÉGICAS EN LOS TERRITORIOS



■ ¿Qué TIPO DE BIOMASA SE HA DE PRODUCIR?

BIOETANOL

BIODIÉSEL

BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS

CULTIVOS ENERGÉTICOS

RESIDUOS



DECISIONES ESTRATÉGICAS EN LOS TERRITORIOS



- ¿Qué TIPO DE BIOMASA SE HA DE PRODUCIR?
- ¿Cuánta CANTIDAD DE BIOMASA PRODUCIR?
- ¿Dónde producir?
- ¿Para qué destinatarios?

CONSIDERACIONES

Soberanía alimentaria

Soberanía energética

```
graph TD; A[Soberanía alimentaria] --> B[ORDENACIÓN DEL TERRITORIO<br/>ASOCIACIONISMO<br/>REGULACIÓN DE CONTRATOS]; C[Soberanía energética] --> B;
```

ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
ASOCIACIONISMO
REGULACIÓN DE CONTRATOS

Información:

Costes de producción
Estructura de mercado

Superficie agrícola disponibles en esa región

Los cultivos posibles de los conjuntos Cultivos alimentarios, cultivos bioetanol, cultivos biodiesel y cultivos biocombustibles sólidos

Rendimientos de estos cultivos

Precios de mercado y estructura de costes para el cálculo del margen de beneficios de cada uno de ellos

Definición de la tecnología de transformación y su coste de procesamiento

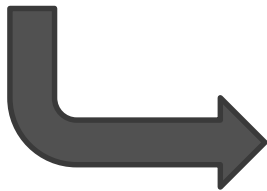
Calcular la inversión para procesamiento de materia prima y su transformación a biodiesel y bioetanol

Precios de importación y exportación (estos serán comunes a todo el país)

Necesidades mínimas requeridas para mantener soberanía alimentaria y energética



MODELO PROGRAMACIÓN LINEAL



ALGORITMO PRIMAL DEL
SIMPLEX

ALGORITMO DUAL DEL SIMPLEX

Elementos superficie homogénea

$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_h\}$ es el conjunto de posibles cultivos alimentarios

$G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_j\}$ es el conjunto de posibles cultivos para producir bioetanol

$B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_k\}$ es el conjunto de posibles cultivos para producir biodiésel

$S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_t\}$ es el conjunto de posibles cultivos energéticos para biocombustibles sólidos

VARIABLES A DETERMINAR

**LA RESPUESTA A
NUESTRAS DUDAS**

LA GRAN INCOGNITA

S_{ai} = superficie agrícola destinada para producir al alimento a_i , donde
 $0 \leq i \leq h$

S_{gi} = superficie agrícola destinada para producir al bioetanol del cultivo
 g_i , donde $0 \leq i \leq j$

S_{bi} = superficie agrícola destinada para producir al biodiésel del cultivo
 b_i , donde $0 \leq i \leq k$

Cantidad de alimentos, biodiesel y bioetanol Importaciones-Exportaciones

I_{ai} = importaciones realizadas del alimento a_i en un año, donde $0 \leq i \leq h$

I_G = importaciones de bioetanol

I_B = importaciones de biodiésel

E_{ai} = exportaciones realizadas del alimento a_i en un año, donde $0 \leq i \leq h$

E_G = exportaciones de bioetanol

E_B = exportaciones de biodiésel

FUNCIÓN OBJETIVO

MAXIMIZAR EL BALANCE ECONÓMICO

Margen cultivos alimentarios + Margen producción biodiesel + Margen bioetanol + Exportaciones - Importaciones

$$FO = \sum_{i=1}^h (M_{ai} \cdot a_i \cdot S_{ai}) + \sum_{i=1}^j (M_{gi} \cdot g_i \cdot S_{gi}) + \sum_{i=1}^k (M_{bi} \cdot b_i \cdot S_{bi}) +$$
$$\sum_{i=1}^h (P_{Eai} \cdot E_{ai}) + (P_{EG} \cdot E_G) + (P_{EB} \cdot E_B)$$
$$- \sum_i (P_{lai} \cdot I_{ai}) - (P_{IG} \cdot I_G) - (P_{IB} \cdot I_B)$$

Cálculo del Margen

$$M_{xi} = IN_{xi} - C_{Cxi} - C_{Txi}$$

IN son los ingresos por tonelada de producto,
C_C son los costes de cultivo por tonelada de producto,
C_T son los costes de transformación por tonelada de producto

Restricciones

Garantizar la soberanía alimentaria

Abastecer las necesidades energéticas de biodiesel

Abastecer las necesidades de bioetanol

$$a_1 \cdot S_{a1} + I_{a1} \geq NA_1$$

$$a_2 \cdot S_{a2} + I_{a2} \geq NA_2$$

....

....

$$a_i \cdot S_{ai} + I_{ai} \geq NA_i$$

....

....

$$a_n \cdot S_{an} + I_{an} \geq NA_n$$

$$\sum_{i=1}^j g_i \cdot S_{gi} + I_G \geq NG$$

$$\sum_{i=1}^k b_i \cdot S_{bi} + I_B \geq NB$$

La exportación no puede superar la capacidad de producción de cada producto

$$E_{ai} \leq a_i \cdot S_{ai} \quad 0 \leq i \leq h$$

$$E_G \leq \sum_{i=1}^j g_i \cdot S_{gi}$$

$$E_B \leq \sum_{i=1}^k b_i \cdot S_{bi}$$

$$\sum_{i=1}^h S_{ai} + \sum_{i=1}^j S_{gi} + \sum_{i=1}^k S_{bi} \leq S$$

Superficie agrícola disponibles en esa región

Los cultivos posibles de los conjuntos Cultivos alimentarios, cultivos bioetanol, cultivos biodiesel y cultivos biocombustibles sólidos

Rendimientos de estos cultivos

Precios de mercado y estructura de costes para el cálculo del margen de beneficios de cada uno de ellos

Definición de la tecnología de transformación y su coste de procesamiento

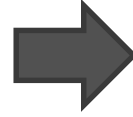
Calcular la inversión para procesamiento de materia prima y su transformación a biodiesel y bioetanol

Precios de importación y exportación (estos serán comunes a todo el país)

Necesidades mínimas requeridas para mantener soberanía alimentaria y energética



Dinámica del modelo



Series temporales

Coste de fertilizantes = $f(\text{precio petróleo})$

Coste de fitosanitarios = $g(\text{precio petróleo})$

Coste combustibles = $h(\text{precio petróleo})$

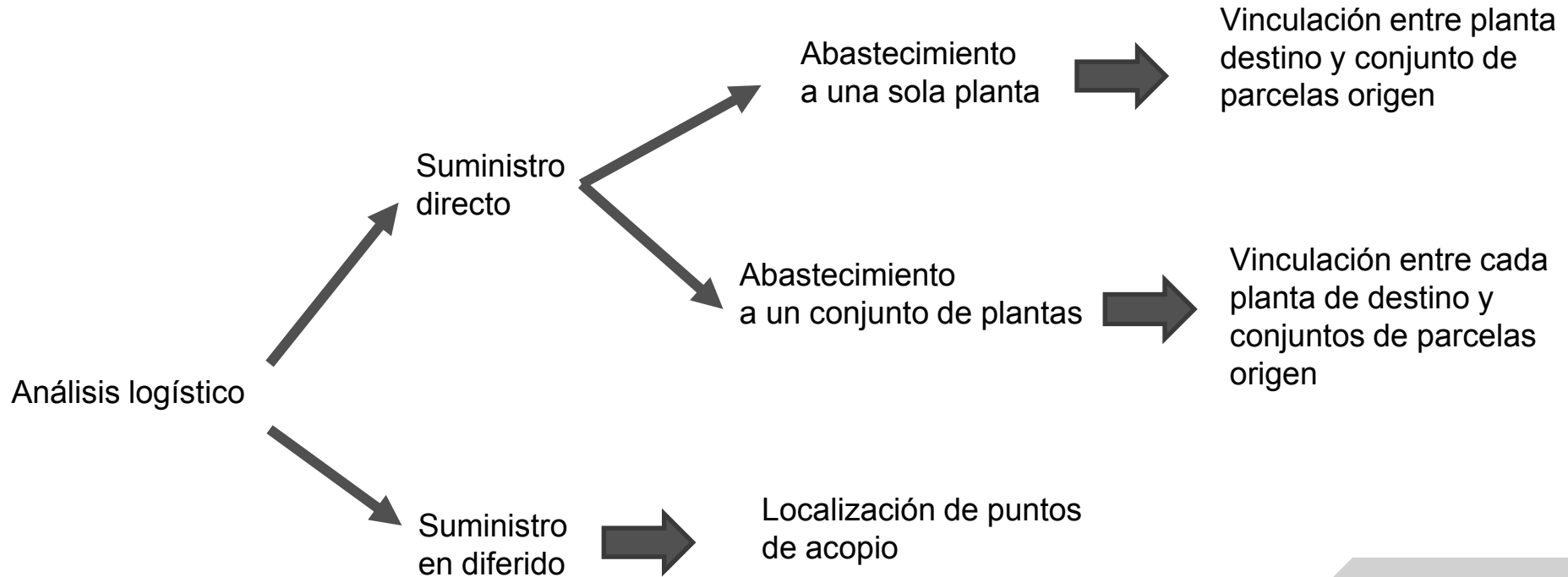
Precio de bioetanol = $i(\text{precio petróleo})$

Precio de biodiésel = $j(\text{precio petróleo})$



DECISIONES TÁCTICAS

DECISIONES TÁCTICAS EN LOS TERRITORIOS



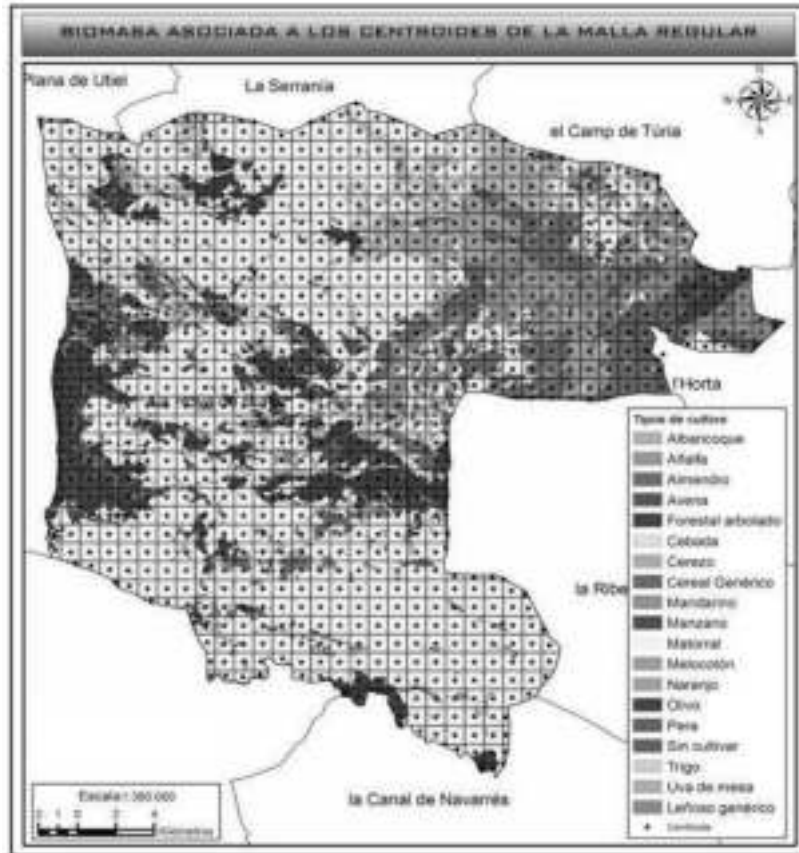


DECISIONES TÁCTICAS EN LOS TERRITORIOS



- ¿Dónde se sitúan las parcelas productoras?
- ¿Dónde se sitúan las industrias de transformación?
- ¿Dónde se sitúan los puntos de acopio?
- ¿Cuáles son las rutas de recogida y abastecimiento?

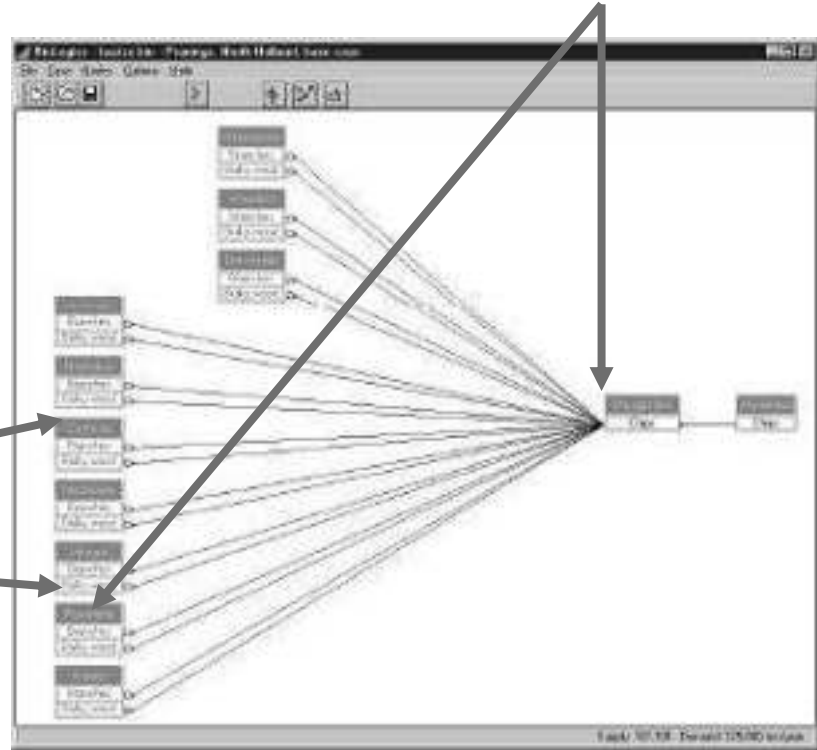
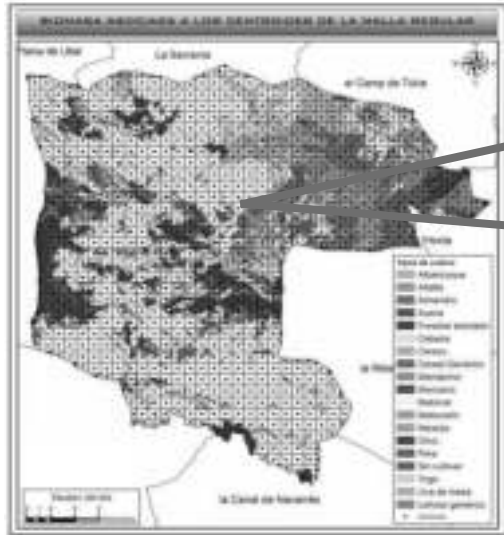
BORVEMAR



The objective is to locate biomass sources points for the implementation of *bioloco model*. (*Collection points*)



BORVEMAR MODEL



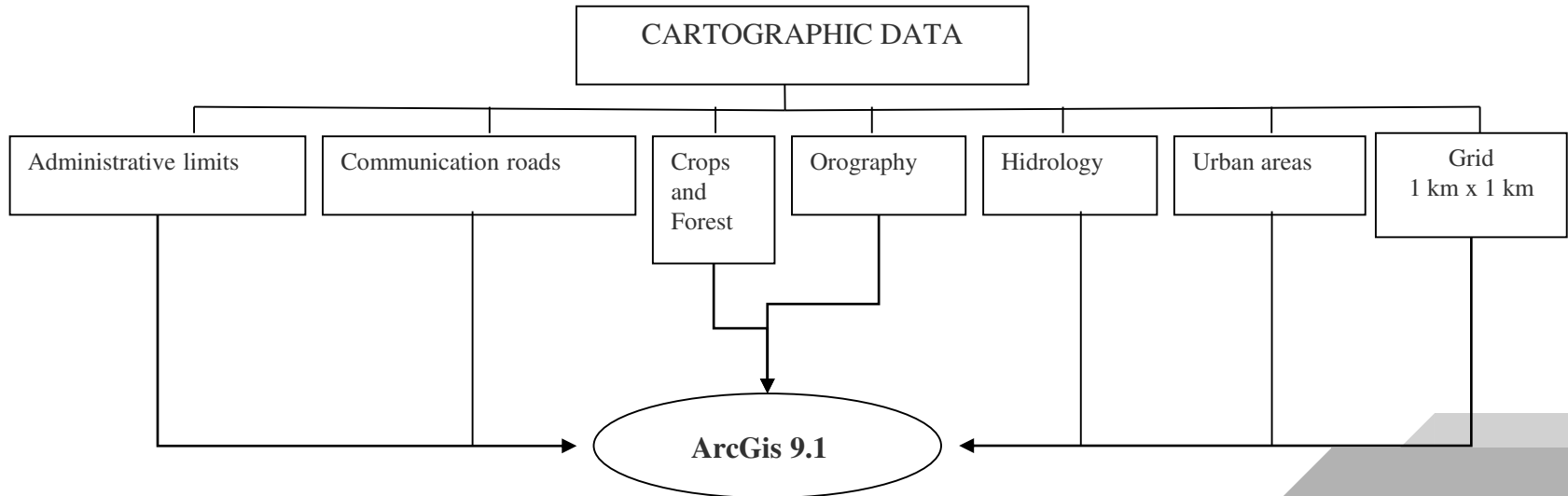
Base data of borvemmar model is:

Spatial surveys of biomass given in GIS maps. (Spahefiles)

Limits of the studied area (for example countries, provinces, regions, ...)

Different types de biomass $b \in \{a, b, \dots, z\}$

Collecting-harvesting cost $\vec{H} = (H_a, H_b, \dots, H_z)$

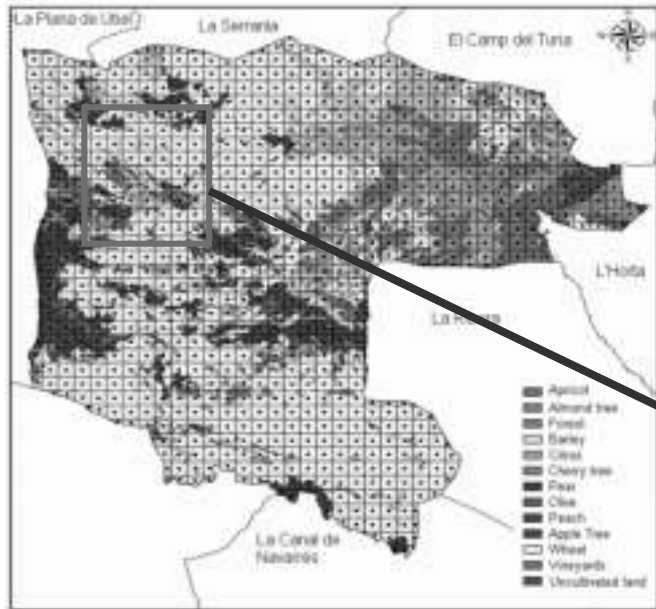


Iteration 1

Step 1. Every quadrant a_{ij} is checked to find those that have a specific type of available biomass greater than Q located inside a radius R (e.g. $R = 60$ km).

$$D(a_{ij}, a_{mn}) < R$$

$$\sum_{i,j}^{n,m} m(a_{ij}, a_{nm}) > Q_T \quad \text{t of biomass}$$



9,46	2,69	7,70	3,09	4,49	7,21	6,89	2,85	9,81	6,19
5,90	8,13	6,66	9,88	3,05	9,29	3,47	0,21	2,92	8,14
1,75	8,90	6,32	6,15	9,78	1,62	1,96	4,70	4,42	7,94
2,31	0,61	1,32	1,74	3,71	1,40	1,55	4,50	2,68	6,77
2,72	8,55	3,59	1,10	2,04	8,66	3,19	0,46	1,29	9,93
0,10	0,18	4,65	1,58	3,31	2,92	9,34	6,75	1,47	5,54
5,99	0,25	1,62	3,18	7,15	8,38	9,74	7,46	3,42	5,48
0,83	9,56	6,95	4,13	8,38	7,83	8,47	0,51	1,12	3,05
3,92	0,68	1,83	5,42	4,36	1,89	1,07	7,32	9,98	7,01
4,52	5,16	5,23	5,67	6,45	4,99	1,39	0,04	1,31	3,87

Step 2. The quadrants, that have the previous conditions, are selected.

Q= 50 t/year, R=2 km

9,46	2,69	7,70	3,09	4,49	7,21	6,89	2,85	9,81	6,19
5,90	8,13	6,66	9,88	3,05	9,29	3,47	0,21	2,92	8,14
1,75	8,90	6,32	6,15	9,78	1,62	1,96	4,70	4,42	7,94
2,31	0,61	1,32	1,74	3,71	1,40	1,55	4,50	2,68	6,77
2,72	8,55	3,59	1,10	2,04	8,66	3,19	0,46	1,29	9,93
0,10	0,18	4,65	1,58	3,31	2,92	9,34	6,75	1,47	5,54
5,99	0,25	1,62	3,18	7,15	8,38	9,74	7,46	3,42	5,48
0,83	9,56	6,95	4,13	8,38	7,83	8,47	0,34	1,12	3,05
3,92	0,68	1,83	5,42	4,36	1,89	1,07	7,32	9,48	7,01
4,52	5,16	5,23	5,67	6,45	4,99	1,39	0,04	1,31	3,87

Quadrants separated of a_{ij}
lower than 2 km

a_{ij}

Distances to a_{ij}

4,5	4,0	3,5	3,0	3,5	4,0	4,5
4,0	3,0	2,5	2,0	2,5	3,0	4,0
3,5	2,5	1,5	1,0	1,5	2,5	3,5
3,0	2	1	0	1,0	2,0	3,0
3,5	2,5	1,5	1,0	1,5	2,5	3,5
4,0	3	2,5	2,0	2,5	3,0	4,0
4,5	6,45	4,99	3,0	3,5	4,0	4,5

Step 3. The quadrants, that have the previous conditions, are selected.

CT is the transport capacity (e.g. 5 t/travel). the cost is obtained by the equation

$$C_{ij} = \frac{\sum_{ij}^{nm} [m(a_{ij}, a_{nm}) \cdot \vec{H} \cdot \vec{r}_{nm}] + \sum_{ij}^{nm} \frac{m(a_{ij}, a_{nm})}{CT} \cdot CF_i + \sum_{ij}^{nm} \frac{D(a_{ij}, a_{nm}) \cdot m(a_{ij}, a_{nm})}{CT} \cdot CV}{\sum_{ij}^{nm} m(a_{ij}, a_{nm})}$$

Step 4. All the elements a_{ij} are ordered according to the cost. The a_{ij} with the smallest cost is selected. The **first sub-area A1** is formed with all $a_{mn} / D(a_{ij}, a_{mn}) < R$ and C_{ij} minimum.

CF_i is the fix cost of the transportation (€/travel). It includes the operator cost during the load time (3 - 4 hour);

CV is the variable cost of the transportation (€/km). It includes fuel consumption and operator.

Table 1. Amount biomass that is available inside of 2 km radius around every a_{ij} in tonnes

$Q > 50$

$R = 2 \text{ km}$

35,62	52,53	58,43	50,92	61,38	41,96	46,19	44,25	41,43	37,86
45,80	68,01	69,79	76,28	68,40	59,26	45,73	59,17	53,33	46,40
46,10	59,30	72,55	63,33	61,44	62,56	52,98	39,29	55,34	53,70
32,17	46,14	55,64	49,23	45,44	52,37	47,25	39,88	48,64	51,21
25,81	34,31	36,04	49,59	50,17	47,69	53,80	61,98	50,42	41,56
25,59	39,41	36,40	37,21	64,41	72,29	71,70	56,58	54,94	43,70
25,17	42,55	50,68	56,12	64,62	86,71	76,21	69,91	55,80	44,48
32,80	41,11	52,73	67,67	75,91	69,81	72,88	66,75	56,59	39,97
32,49	44,35	54,53	54,18	59,18	65,94	57,58	47,56	38,69	39,13
20,33	36,56	41,91	43,25	43,79	33,69	32,92	30,48	32,04	25,26

Lowest cost

Table 2. Collecting cost in every possible sub-area

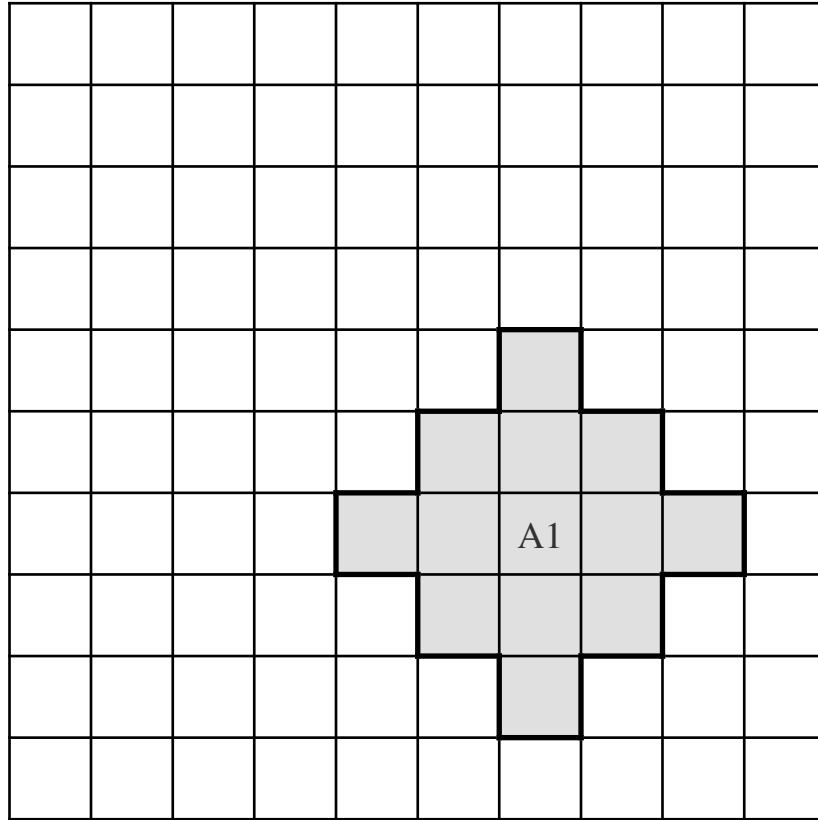
2,434	2,489	2,511	2,505	2,544	2,426	2,492	2,525	2,441	2,448
2,458	2,466	2,460	2,492	2,487	2,470	2,480	2,569	2,479	2,438
2,537	2,484	2,510	2,476	2,479	2,549	2,570	2,503	2,500	2,488
2,528	2,508	2,553	2,538	2,494	2,546	2,561	2,521	2,491	2,484
2,505	2,452	2,493	2,593	2,552	2,475	2,509	2,583	2,528	2,443
2,542	2,541	2,512	2,518	2,556	2,507	2,475	2,482	2,527	2,492
2,485	2,530	2,546	2,526	2,487	2,495	2,455	2,505	2,537	2,536
2,503	2,448	2,496	2,524	2,504	2,468	2,500	2,532	2,526	2,502
2,504	2,493	2,512	2,477	2,486	2,544	2,555	2,496	2,386	2,454
2,428	2,506	2,513	2,481	2,484	2,500	2,577	2,546	2,478	2,450

Harvesting-collection cost,
 $H = 2 \text{ €/t}$

Fix cost of the transportation,
 $CF = 0,5 \text{ €/travel}$

Variable cost of the transportation,
 $CV = 1,5 \text{ €/km}$

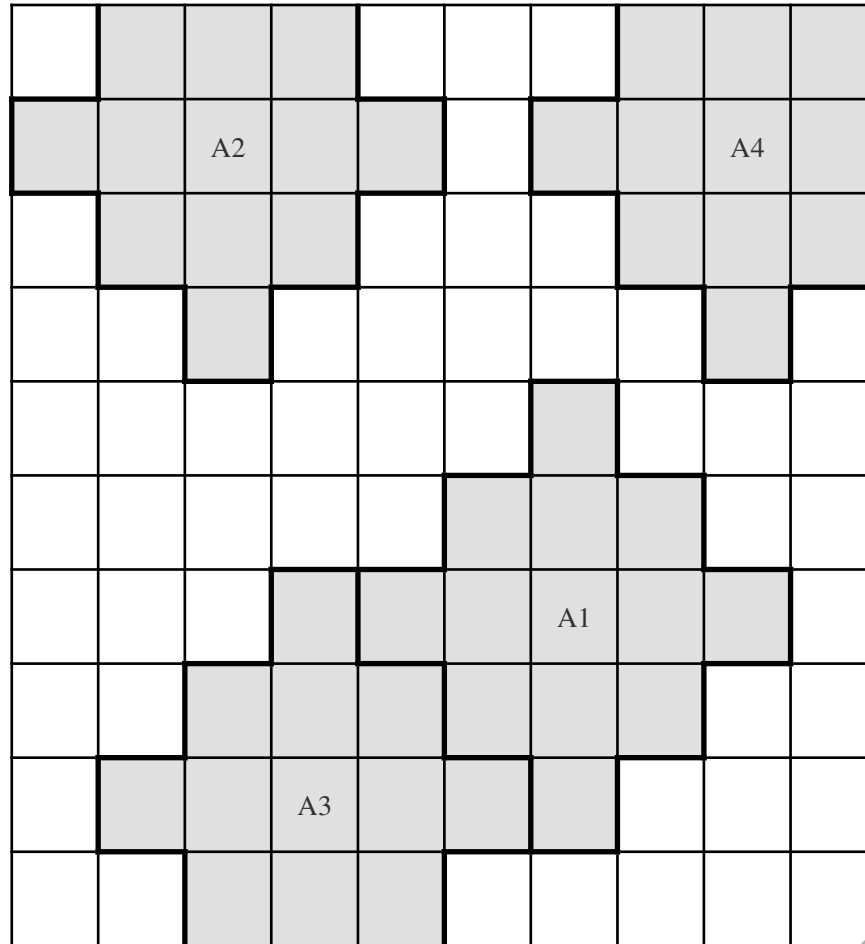
Transport capacity,
 $CT = 5 \text{ t/travel}$



Iteration 2

Step 1. Every quadrant a_{ij} is checked to find those that have available biomass greater than Q , around a radius R / $a_{ij} \notin A_1$ The quadrants, that have the previous conditions, are selected.

9,46	2,69	7,70	3,09	4,49	7,21	6,89	2,85	9,81	6,19
5,90	8,13	6,66	9,88	3,05	9,29	3,47	0,21	2,92	8,14
1,75	8,90	6,32	6,15	9,78	1,62	1,96	4,70	4,42	7,94
2,31	0,61	1,32	1,74	3,71	1,40	1,55	4,50	2,68	6,77
2,72	8,55	3,59	1,10	2,04	8,66	-	0,46	1,29	9,93
0,10	0,18	4,65	1,58	3,31	-	-	-	1,47	5,54
5,99	0,25	1,62	3,18	-	-	-	-	-	5,48
0,83	9,56	6,95	4,13	8,38	-	-	-	1,12	3,05
3,92	0,68	1,83	5,42	4,36	1,89	-	7,32	9,98	7,01
4,52	5,16	5,23	5,67	6,45	4,99	1,39	0,04	1,31	3,87



Iteration 5

9,46				4,49	7,21	6,89			
					9,29				
1,75				9,78	1,62	1,96			
2,31	0,61		1,74	3,71	1,40	1,55	4,50		6,77
2,72	8,55	3,59	1,10	2,04	8,66		0,46	1,29	9,93
0,10	0,18	4,65	1,58	3,31				1,47	5,54
5,99	0,25	1,62							5,48
0,83	9,56							1,12	3,05
3,92							7,32	9,98	7,01
4,52	5,16				4,99	1,39	0,04	1,31	3,87

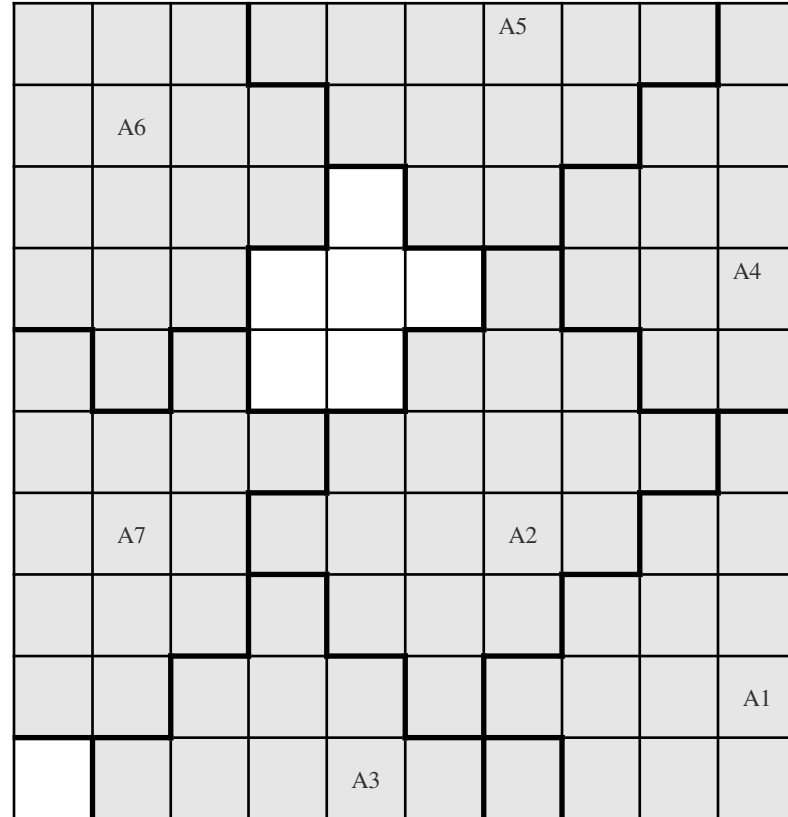
Table 9. Biomass that is available inside of 2 km radius around every a_{ij} in the iteration 5

11.21	9.46	13.95	11.70	37.66	29.51	29.85	14.10	6.89	0.00
13.52	11.82	0.00	25.30	36.10	42.65	28.53	22.64	0.00	6.77
16.85	13.23	17.47	17.95	36.04	45.19	37.00	10.10	14.52	16.71
16.04	21.46	26.27	25.56	34.93	46.27	23.88	17.94	25.98	28.03
25.81	24.08	28.39	38.94	36.92	23.87	21.87	27.87	29.97	30.94
25.59	39.41	24.94	19.82	25.06	17.00	15.47	13.26	25.29	33.53
25.17	31.74	27.43	12.52	8.55	11.98	0.00	15.85	27.92	33.60
25.16	27.52	16.91	12.75	3.31	4.99	9.83	21.51	36.73	36.04
29.97	24.23	20.26	0.00	4.99	13.70	23.73	28.17	33.70	39.13
14.42	23.15	9.68	10.16	6.38	6.43	15.05	28.91	32.04	25.26

No possible sub-area has a quantity of available biomass higher than 50 t/year.

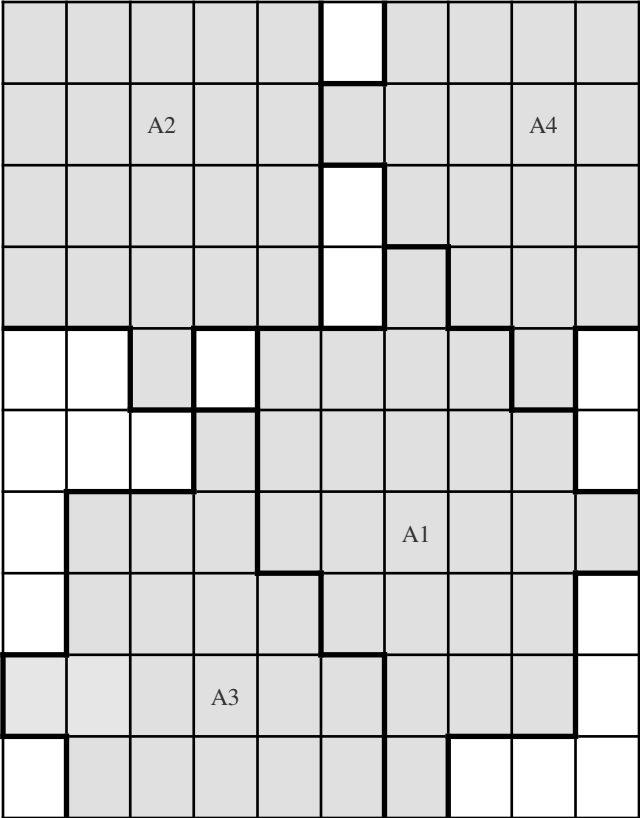
Option 1: To check several calculation processes with different minimum amount of biomass and different maximum distance to do the collecting operations.

For example $Q = 40$
t/year and $R = 3$ km..

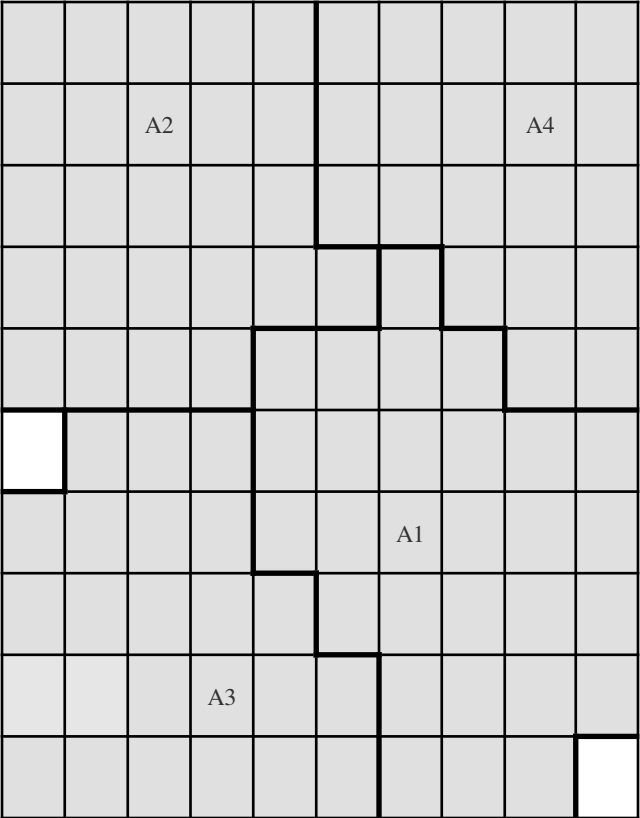


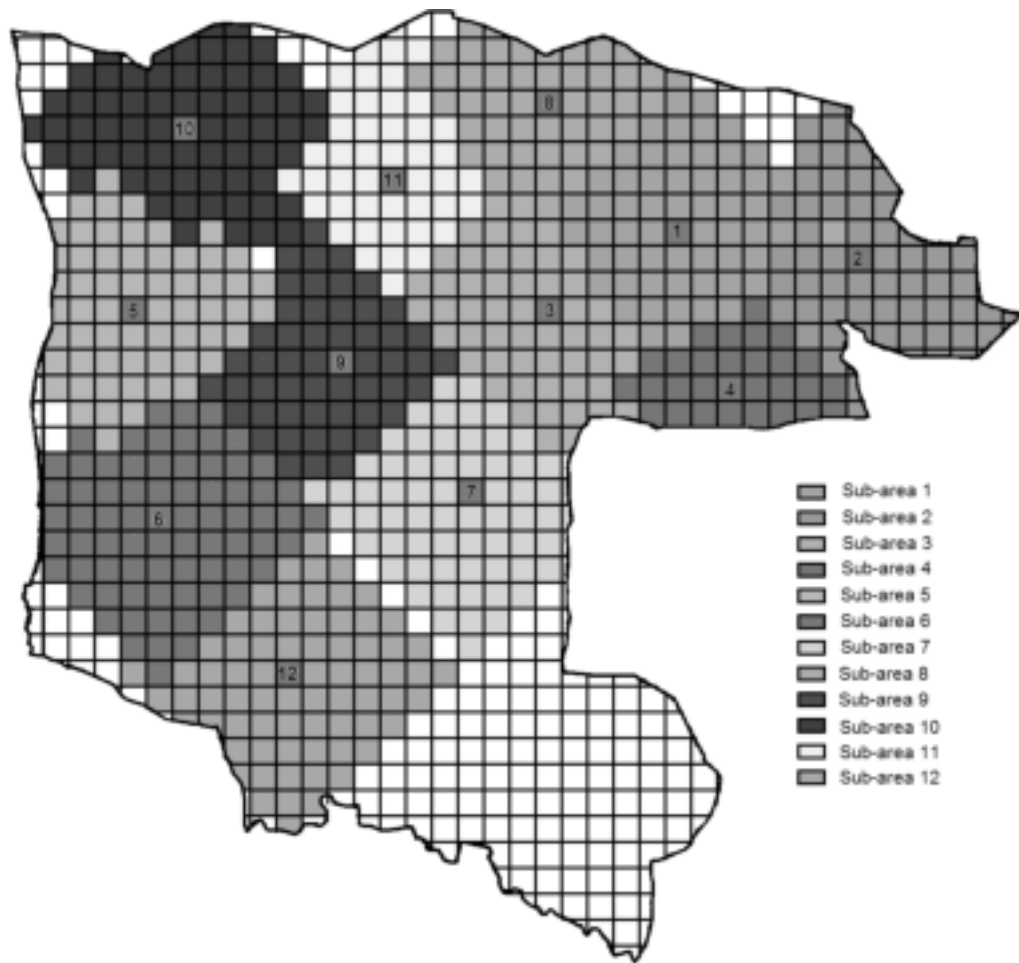
Option 3: A buffer with a selected thickness can be carried out to add more quadrants to the selected sub-areas. The quadrants that can be added to two or more sub-areas are distributed according to the lowest cost of transportation to the respective concentration points.

Buffer 1 km



Buffer 2 km



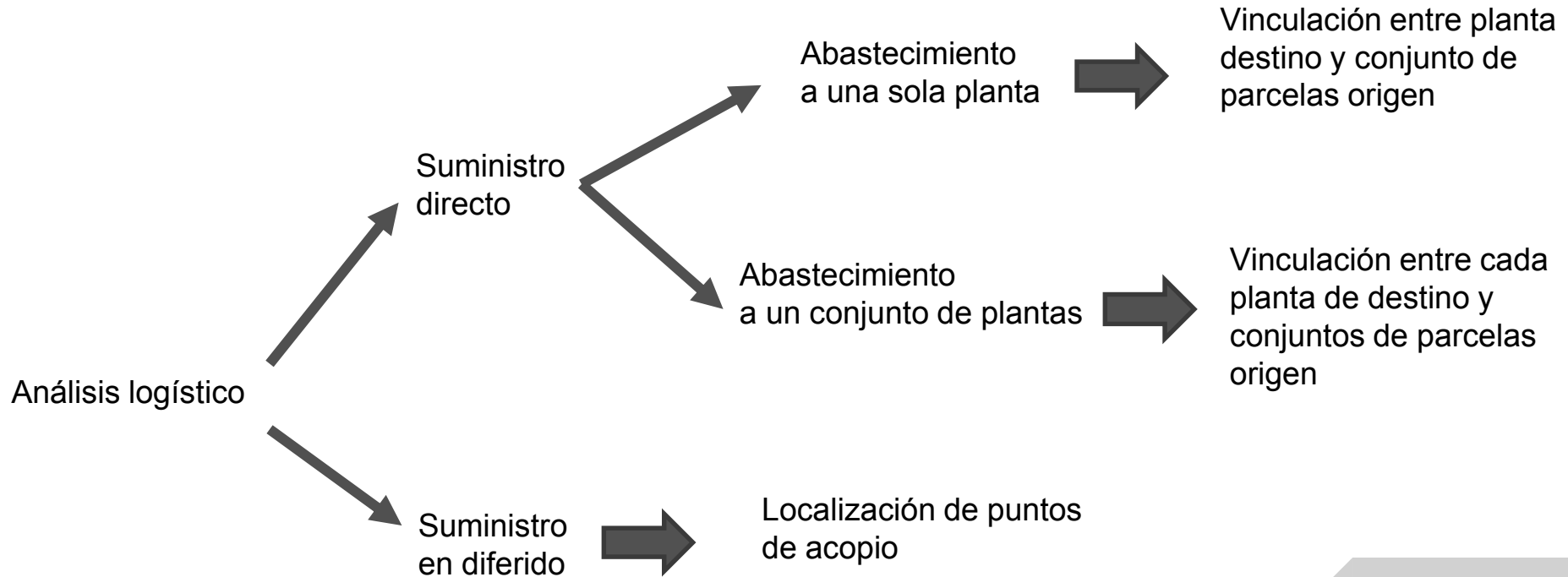


LOCALIZACIÓN DE PLANTAS

$$X_{cdg} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{bi} \cdot C_{bi} + \sum_{i=1}^m X_{ci} \cdot C_{ei}}{\sum_{i=1}^n C_{bi} + \sum_{i=1}^m C_{ei}}$$

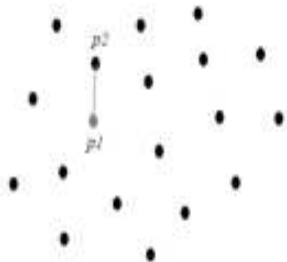
$$Y_{cdg} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{bi} \cdot C_{bi} + \sum_{i=1}^m Y_{ci} \cdot C_{ei}}{\sum_{i=1}^n C_{bi} + \sum_{i=1}^m C_{ei}}$$

DECISIONES TÁCTICAS EN LOS TERRITORIOS

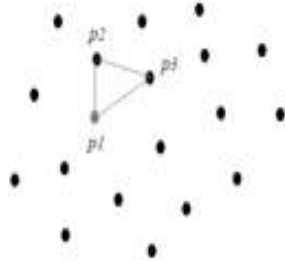


CONEXIÓN DE NODOS

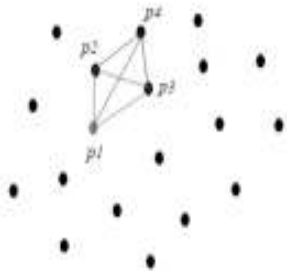
Link of 2 plots



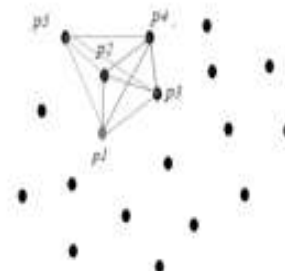
Link of 3 plots



Link of 4 plots

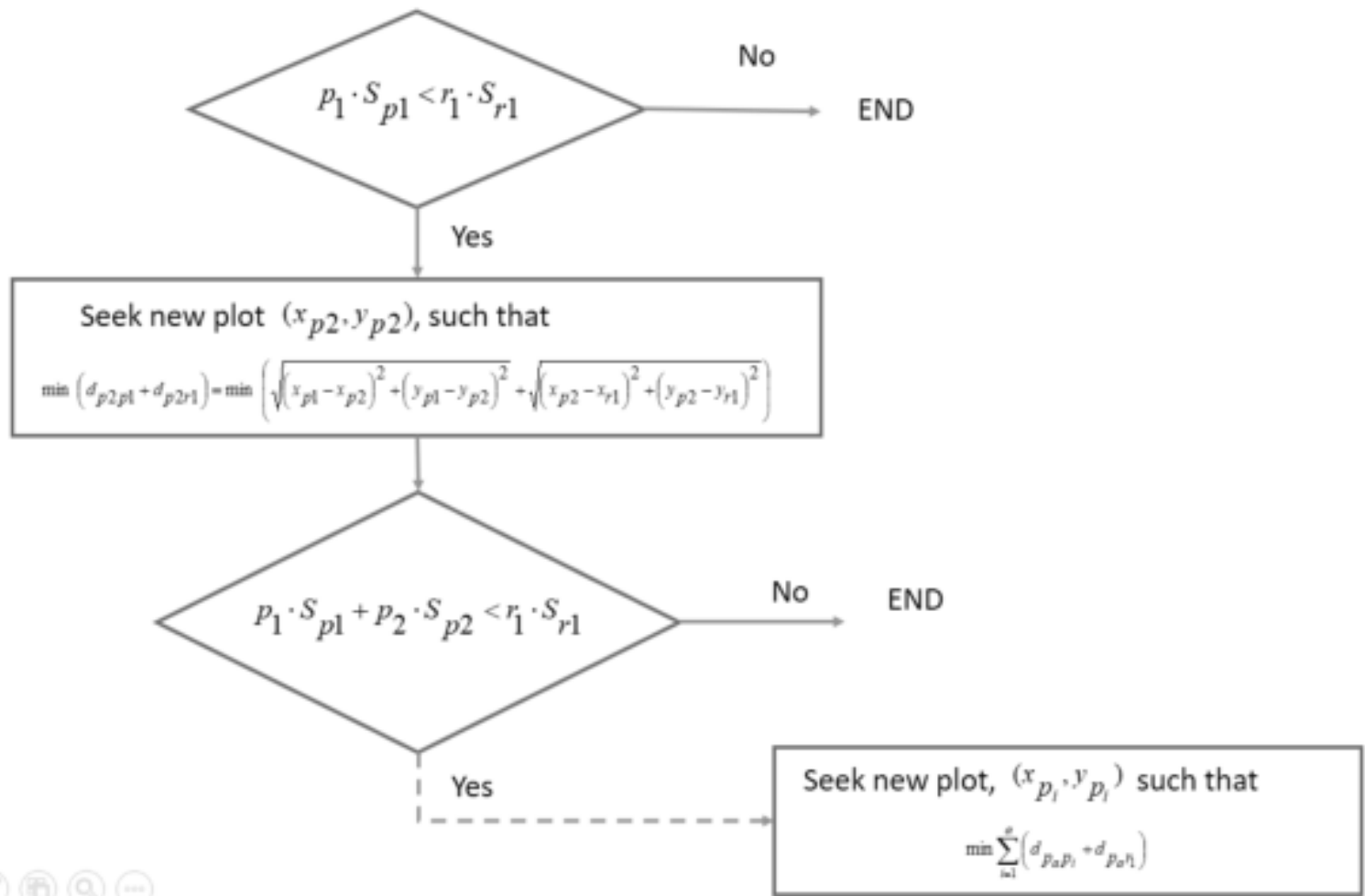


Link of 5 plots



Abastecimiento de una planta

- Se selecciona el nodo más cercano
- Posteriormente se selecciona el nodo con distancia mínima a todos los anteriores



Selección puntos de acopio

- Se selecciona parcela de mayor producción
- Posteriormente se agrupan los nodos con distancia mínima a todos los anteriores, hasta conseguir la cantidad máxima a almacenar

$$x_{cdg} = \frac{\sum_{i=1}^a x_{pi} \cdot p_i \cdot S_{pi} + \sum_{i=1}^a x_{ri} \cdot r_i \cdot S_{ri}}{\sum_{i=1}^a p_i \cdot S_{pi} + \sum_{i=1}^a r_i \cdot S_{ri}}$$

$$y_{cdg} = \frac{\sum_{i=1}^a y_{pi} \cdot p_i \cdot S_{pi} + \sum_{i=1}^a y_{ri} \cdot r_i \cdot S_{ri}}{\sum_{i=1}^a p_i \cdot S_{pi} + \sum_{i=1}^a r_i \cdot S_{ri}}$$



DECISIONES OPERATIVAS

DECISIONES OPERATIVAS EN LOS TERRITORIOS

- ¿Qué tecnología se emplea en la cosecha?
 - ¿Tipo de pretratamiento?
 - ¿Rutas de transporte y recogida?
 - ¿Tipo de transporte?
-
- Costes de cosecha
 - Coste de transporte
 - Balances económico, energético y emisiones

BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS

- Alineación {
Manual
Mecánica
- Concentración {
Manual
Mecánica
- Astillado o Empacado



Clasificación de las astilladoras según su instalación:

- Astilladoras fijas
- Astilladoras transportables
- Astilladoras móviles
 - ▷ Astilladoras autopropulsadas
 - ▷ Astilladoras arrastradas
 - ▷ Astilladoras suspendidas

Astilladora fija



Astilladoras transportables



Astilladoras móviles



Clasificación de las astilladoras según sistema de alimentación






- Alimentación manual
- Alimentación mecánica
- Alimentación pick up

Sistema Pick up

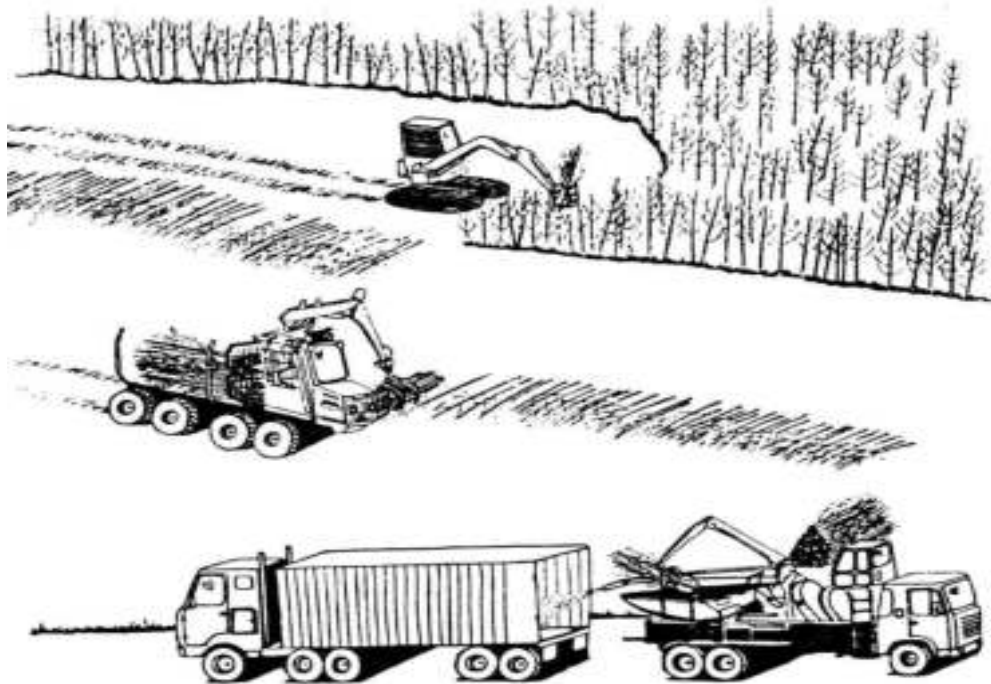


Variante concentración y acopio previo

Astilladora o empacadora transportable en cortas a hecho y claras

	Parcela forestal	Vía de saca	Pista forestal o cargadero	Planta
Tala y procesado		Manual	Skidder 	
Extracción a pista forestal			 Tractor autocargador	
Astillado			 Astilladora transportable	
Transporte			 Camión de Transporte	

Plantaciones energéticas



Plantaciones energéticas





Red Iberoamericana de Tecnologías
de Biomasa y Bioenergía Rural



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

Muchas gracias!

Dr. Borja Velázquez Martí
borvemar@dmta.upv.es



EMBAJADA
DE ESPAÑA
EN GUATEMALA



Slidos Carnival 62