



# I Seminario en SISTEMAS SILVOPASTORILES Octubre 18 de 2017 Cerro Largo – Uruguay



#### MICROCLIMA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

Ing. Agr. Carolina Munka

Agrometeorología - Departamento de Sistemas Ambientales Facultad de Agronomía - Universidad de la República Montevideo - Uruguay

## Contenido:





- Microclima y biofísica de cubiertas forestales
- Principales características de las variables de estado meteorológicas:
  - Radiación Solar y Balance de Energía
  - Temperatura del aire
  - Humedad del aire
  - Viento
  - Precipitación
- Monitoreo meteorológico en Sistemas Silvopastoriles: estudios de caso en Uruguay

#### Microclima en cubiertas forestales:





- Estudio de los intercambios de masa y energía entre organismos vivos y el ambiente, con énfasis en los flujos de calor, agua y carbono en el continuo suelo-planta-atmósfera.
- Medio y condiciones ambientales inmediatamente adyacentes a la superficie de interés. Considerar microambiente o microclima implica que las escalas espaciales y temporales son aspectos importantes del análisis.
- Ámbito microclimatico: características particulares que adquieren el aire atmosférico en el espacio bajo dosel, incluyendo el suelo y el área aledaña al rodal en condiciones de escala temporal y espacial reducida.

#### Representación de las inter-relaciones de calor, agua y carbono

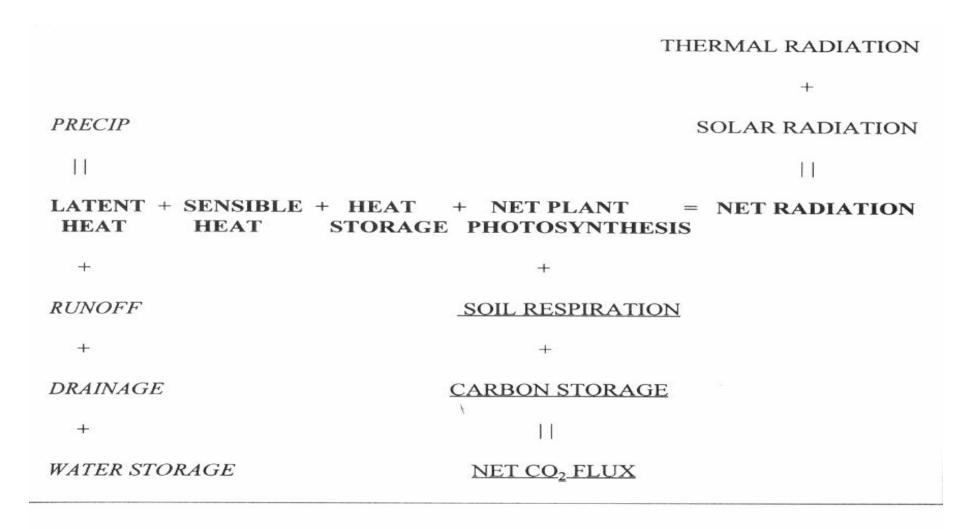


FIGURE 1.1. Schematic representation of the inter-connectedness of water (in *italics*), carbon (<u>underlined</u>), radiation (normal font) and energy (**bold**) budgets in a biosphere.

## Variables de estado meteorológicas:





- Principales modificaciones en el ambiente microclimático:
  - intercambios de energía
  - procesos de transferencia aspectos aerodinámicos
- Variables meteorológicas:
  - Radiación Solar y Balance de Energía
  - Temperatura del aire
  - Humedad del aire
  - Viento
  - Precipitación

#### Intercambios de energía

## Balance de radiación (Rn) de la canopia:

• Rn = Rs $(1-\alpha)$  + Rol

 $\alpha$  = albedo

Rs = radiación solar

Rol = balance de onda larga

Surface	Shortwave reflectivity (r)
Fresh snow	0.80-0.95
Old snow	0.42 - 0.70
Lake ice, clear	-0.10
Lake ice with snow	-0.46
Sea surface, calm	0.07-0.08
Sea surface, windy	0.12-0.14
Niger river water, clear	-0.06
Niger river water, dirty	-0.12
Dry sandy soil	0.25-0.45
Bare dark soil	0.16-0.17
Dry clay soil	0.20-0.35
Peat soil	0.05-0.15
Savannah	-0.22
Most field crops	0.18-0.30
Deciduous forest	0.15-0.20
Coniferous forest	0.10-0.15
Mangrove swamp	-0.12
Vineyard	0.18-0.19

#### Intercambios de energía

## Penetración de radiación y absorción por canopia

• Transmitancia:  $\zeta = \exp(-k_{rad} .IAF)$ 

Radiación\_s(z):

Rad\_s (z) = Rad\_s incid. exp  $(-k_{rad} .IAF(z))$  (Ley Beer)

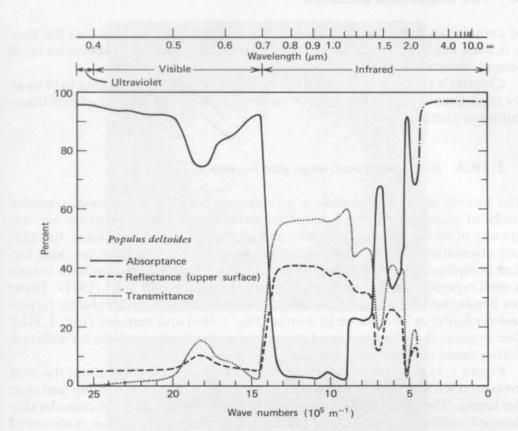


Fig. 1.32 Spectral reflectance, transmittance and absorptance of leaves of *Populus deltoides* (after Gates, 1965).

#### Intercambios de energía

## Partición de la energía absorbida:

Rn (W/m2): destinos

calor latente y calor sensible:

Rn = H + G + LE + Adv. +Metabol.

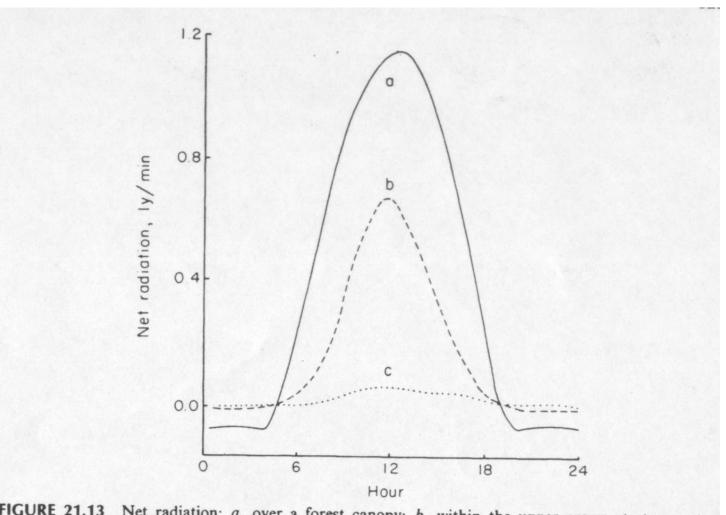


FIGURE 21.13 Net radiation: a, over a forest canopy; b, within the upper crown stratum; c, at the forest floor. (From Lee 1978.)

#### Aspectos aerodinámicos

Temperatura y humedad del aire:

 depende de distribución del follaje, conductancia estomática, nivel del flujo turbulento entre la canopia y el aire.

 Bajo dosel se reportan ambientes más húmedos y de menor amplitud térmica

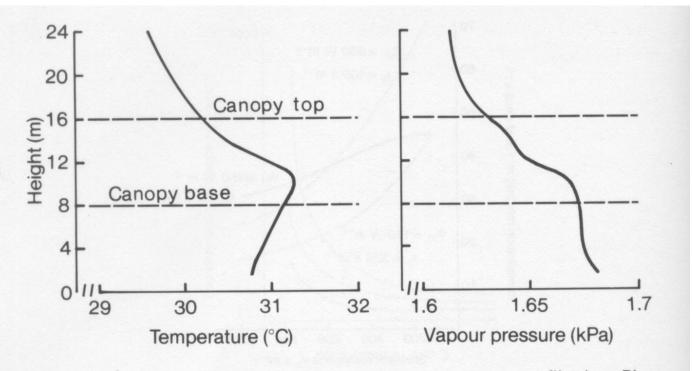


Fig. 3.9. Hourly average air temperature and vapour pressure profiles in a *Pinus ponderosa* forest in Australia. The highest temperature occurs in the region of highest leaf area density and air humidity also increases rapidly into that region (redrawn from Denmead, 1984). Profiles in other forest types, e.g. wet tropical or cold area coniferous forests, are likely to be very different. They will be influenced by foliage distribution and radiant energy absorption and loss, ambient temperature, humidity and wind conditions, and soil wetness.

#### Aspectos aerodinámicos

- Transferencia turbulenta sobre la canopia
- Transferencia turbulenta en la canopia
- Reducción de velocidad del viento en superficie y áreas a sotavento

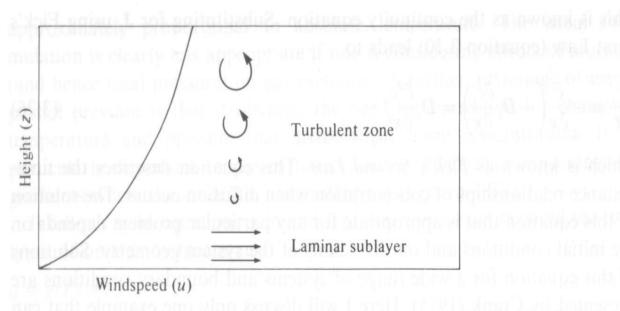
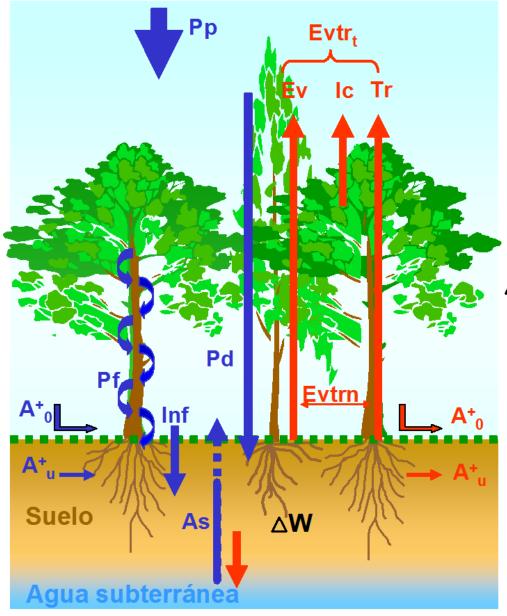


Fig. 3.3. Profile of windspeed moving over a surface showing the laminar sublayer where windspeed changes rapidly with height and a turbulent zone with eddy size increasing with distance.

#### Aspectos hídricos



Pp: Precipitación total

Pd: Precipitación directa
Pf: Escurrimiento fustal

lc: Pérdidas de agua por intercepción

A<sub>0</sub>: Escorrentía superficial

A<sub>u</sub>: Escorrentía subsuperficial

Inf: Infiltración
Per: Percolación
Tr: Transpiración
Ev: Evaporación

Evtrn: Evapotranspiración neta Evtr<sub>+</sub>: Evapotranspiración total

As: Aporte desde el agua subterránea Δ W: Variación del contenido de agua del

suelo

#### Microclima en cubiertas forestales:





- Intercepción de radiación solar de la canopia: incide en el balance neto de energía bajo dosel
- Sombreamiento: reduce la cantidad y calidad de radiación de onda corta recibida en la superficie bajo dosel
- El microclima presenta, típicamente, menores amplitudes térmicas -máximas menores y mínimas mayores-, ambientes relativamente más húmedos y una significativa reducción del viento
- El ambiente microclimático está fuertemente relacionado con las características estructurales de la cubierta forestal: el arreglo y densidad de plantación, composición, arquitectura y carácter del dosel (perenne o caducifolio), densidad de follaje y altura de árboles

## Monitoreo meteorológico en SSP - estudios de caso en Uruguay:

Proyecto: Evaluación de la incorporación de la forestación en productores ganaderos y lecheros familiares: estudio de caso múltiple. + Tecnologías para la producción familiar. Promoción y desarrollo de tecnologías aplicadas (MGAP 2014 - 2016)

#### Casos de estudio:

Tres predios del Sur-Sureste del Uruguay:

- Grutas del Palacio (33°17'S; 57°8' W, Flores)
- Mariscala (34°3'S; 54°55' W, Lavalleja)
- Velázquez (34°7'S; 54°14' W, Rocha)

#### **Monitoreo dentro y fuera de monte:**

- Temperatura del aire en abrigo meteorológico noviembre 2015 a octubre 2016
- ■Temperatura del aire en esferas de Vernon (globos negros) enero a marzo 2016
- Intercepción de radiación solar
- Precipitación octubre 2015 a setiembre 2016

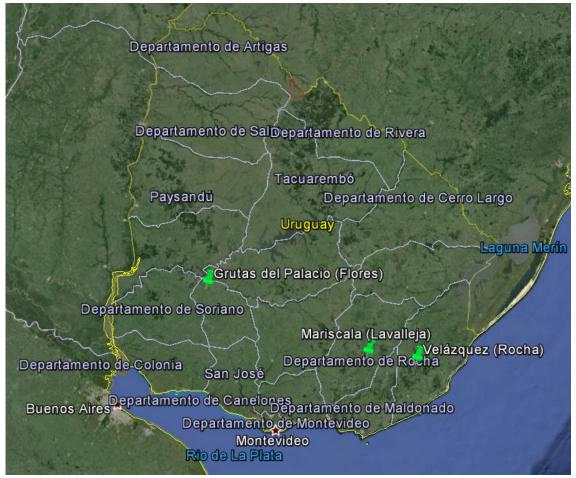












- √ Temperaturas máximas medias en el mes de enero de 28 y 30°C
- Temperaturas mínimas medias en el mes de julio de 6 y 7°C
- Promedio de precipitación anual del orden de 1200 mm (regular en el año climático). Castaño et al. 2011

## Descripción de las parcelas forestales:





Departamento	Año de plantación	Especies	Tipo de Monte	Marco de plantación (m)	Superficie (m²)	Densidad inicial (pl/ha)	Densidad actual (pl/ha)
Flores	2009	Eucalyptus dunnii	Cortina densidad alta	3,5 x 2	300 m <sup>2</sup> (20m x 15m)	1.400	1.189
Lavalleja	2008-2009	Eucalyptus globulus ssp. maidenii	Cortina densidad media	3 x 3	250 m <sup>2</sup> (20m x 12,5m)	1.111	979
Rocha	2010	Eucalyptus grandis	Isla densidad media-baja	4 x 4	320 m <sup>2</sup> (20m x 16m)	650	626











## Intercepción de radiación solar:

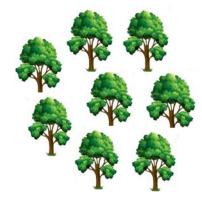
Grutas del Palacio - Flores



Densidad alta (1189 arb/ha)

Intercepción Rad. Solar: 92 %

Índice de Área Foliar: 4,5 Mariscala - Lavalleja



Densidad media (979 arb/ha)

Intercepción Rad. Solar: 68 %

Índice de Área Foliar: 1,7 Velázquez - Rocha



Densidad media-baja (642 arb/ha)

Intercepción Rad. Solar: 59 %

Índice de Área Foliar:

1,3













## Temperatura del aire (abrigo meteorológico):





#### Temperatura del aire en abrigo meteorológico:

■ La mayor diferencia de **temperatura máxima del aire** en promedio -dentro y fuera del monte- fue de **3,5°C**, y sucedió en el monte de mayor densidad (1.189 pl/ha en Flores) y en el mes de enero. Se alcanzaron diferencias de hasta 6°C más fuera de monte.

■ Para la **temperatura mínima del aire** se observó en los tres predios, una diferencia promedio del orden de **0,7°C** superior dentro del monte. Se alcanzaron <u>diferencias de hasta 3°C</u> menos fuera de monte.











## Temperatura del aire (abrigo meteorológico):















Valores promedios mensuales de temperatura máxima del aire (°C) en los meses cálidos, registrados en casillas meteorológicas Fuera de Monte y Dentro de Monte para los tres casos estudiados: FLORES (cortina de 1189 pl/ha), LAVALLEJA (cortina de 979 pl/ha) y ROCHA (isla de 626 pl/ha).

	FLO	RES	LAVALLEJA		ROCHA	
FECHA	Fuera del Monte	Dentro del Monte	Fuera del Monte	Dentro del Monte	Fuera del Monte	Dentro del Monte
nov-15	29,9	26,5	27,7	25,1	27,3	25,7
dic-15	33,4	30,5	31,5	28,7	31,4	30,2
ene-16	36,2	32,7	33,7	30,6	33,4	31,7
feb-16	35,4	32,3	34,2	31,4	34	32,6
mar-16	29,4	26,3	28,6	25,6	28,9	27,3

## Temperatura del aire (abrigo meteorológico):













Valores promedios mensuales de temperatura mínima del aire en los meses fríos, registrados en casilla meteorológica Fuera de Monte y Dentro de Monte, para los tres casos estudiados: FLORES (cortina de 1189 pl/ha), LAVALLEJA (cortina de 979 pl/ha) y ROCHA (isla de 626 pl/ha)

	FLO	RES	LAVA	LLEJA	ROC	CHA
FECHA	Fuera del Monte	Dentro del Monte	Fuera del Monte	Dentro del Monte	Fuera del Monte	Dentro del Monte
may-16	6,8	7,5	7,8	8,4	7,2	7,8
jun-16	4,2	4,9	5,9	6,2	4,8	5,4
jul-16	6,0	6,5	6,8	7,3	6,4	6,9
ago-16	6,4	7,2	7,2	7,6	6,8	7,1
set-16	6,7	7,5	7,4	7,6	7,4	7,9





#### Temperatura del aire en esferas de Vernon (globos negros):

- En el total del período evaluado, el porcentaje de días con diferencia significativa entre tratamientos fue de 96,5% en Flores, 63,2% en Lavalleja y 28,1% en Rocha.
- Valores promedio de las diferencias térmicas registradas (fuera *vs* dentro del monte):

	Flores	Lavalleja	Rocha
Densidad de plantas/ha	1.189	979	642
Diferencia térmica en °C (valores promedio ± desvío estándar)	9 ± 2,8	8,4 ± 2,6	6,2 ± 2,6
Máxima diferencia térmica (°C) (fuera monte – dentro monte)	16	13	10

En todas las series de temperatura analizadas, el 92% de la variación de los datos estuvo explicada por el modelo ARIMA ajustado (R²> 0,92).













Temperatura máxima (°C) y N° de horas con diferencias significativas fuera y dentro del monte Esfera Vernon (globos negros) - Localidad Rocha







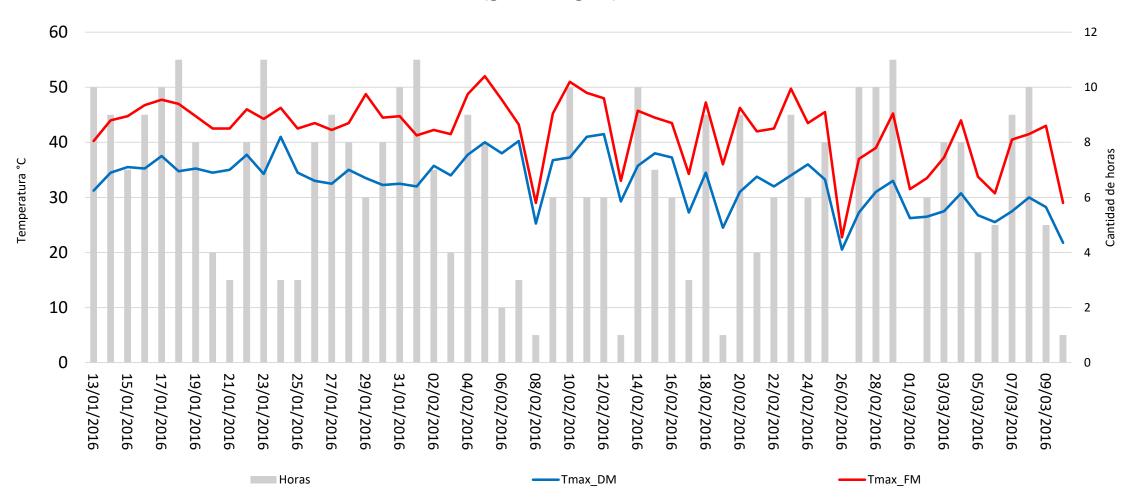








Temperatura máxima (°C) y N° de horas con diferencias significativas fuera y dentro del monte Esferas Vernon (globos negros) - Localidad Flores

















 Porcentaje de horas del total de la fase diurna (de 5:00 a 21:00h) en todo el período evaluado, con diferencias significativas entre tratamientos

	Flores	Lavalleja	Rocha
Densidad de plantas/há	1.189	979	642
Porcentaje de horas (%)	50,4	14,8	2,9

- En Flores: Enero presentó el mayor porcentaje de horas con temperaturas significativamente menores bajo árboles (48%)
- En Lavalleja y Rocha: Febrero presentó el mayor porcentaje de horas con temperaturas significativamente menores bajo árboles (44,4% y 46,2% respectivamente)















Período de horas donde se constató una disminución térmica significativa bajo dosel:

	Enero	Febrero	Marzo	
Flores (1.189 plantas/ha)	08:30 a 19:30	08:30 a 18:30	08:30 a 18:30	
Lavalleja (979 plantas/ha)	08:00 a 18:00	09:00 a 18:00	09:00 a 17:00	
Rocha (643 plantas/ha)	08:00 a 10:00 13:00 a 17:00	08:00 a 14:00	08:00 a 09:00 14:00	











## Precipitación:





#### Precipitación acumulada -octubre 2015 a setiembre 2016fuera y dentro de monte:

**Grutas del Palacio-Flores** 

Fuera de monte monte (mm) (mm)

TOTAL 1467 1116

Mariscala-Lavalleja

Fuera de Dentro de monte (mm) (mm) 1367 1616

Velázquez-Rocha

Fuera de	Dentro de
monte	monte
(mm)	(mm)
1289	1771

- En Mariscala esta situación ocurrió en 18 de los 21 días de observación
- En Velázquez se constató en 32 de los 49 registros obtenidos











## Conclusiones





- La utilización de estos montes constituyó una práctica silvopastoril efectiva para reducir el impacto de la radiación solar directa sobre el ambiente térmico que rodea al animal.
- El sitio con mayor densidad de árboles presentó la mayor disminución de la temperatura del aire -registradas en las esferas de Vernon- bajo dosel y la mayor cantidad de días y horas donde se constata este efecto.
- Esto permite inferir una disminución de las ganancias de calor por aporte de convección y radiación que podrían tener los animales dispuestos bajo monte.
- Resulta particularmente beneficioso como servicio a la ganadería (confort térmico) en momentos del día que ocurren condiciones que puedan generar estrés por calor con las consiguientes pérdidas productivas.

















## Muchas Gracias!

#### munka@fagro.edu.uy







