

# Scenario de Referencia Ejemplo: Corridor Ankeniheny Zahamena Madagascar

Modelos espaciales para la prediccion de cambios  
futuros de la cobertura forestal

Marc Steininger (CI)  
Andriambolantsoa Rasolohery (CI)



## Pasos Generales:

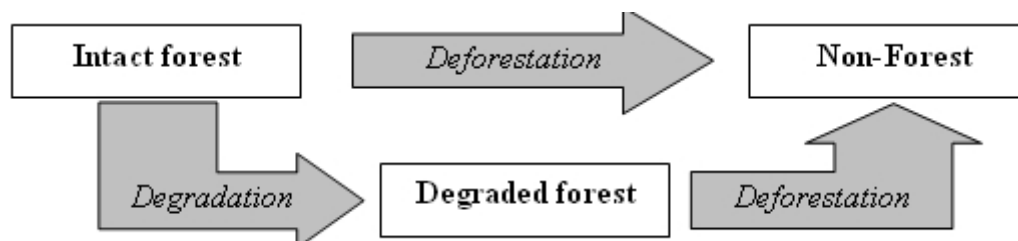
- 1) Estimar probable tasas total en el futuro (non-espacial)
  - Puede ser basado en tasas observadas recientes (5y a 15y, eg)
  - Puede variar de la tasa historical basado en tendencias o informacion de cambios importantes (eg. nuevas rutas, o cambios de valores de productos agriculas)
- 2) Hacer una estimacion del distribucion de estos cambios
  - Modelos espaciales
  - Pasos de calibracion & validacion

# Matrices de cambio de cobertura



## Ejemplo de una matrice

			LULC at time $t_0$				
			<i>Intact forest</i>	<i>Degraded forest</i>	<i>Agriculture</i>	<i>Pasture</i>	<i>Total</i>
<b>LULC at time <math>t_2</math></b>	<i>Intact forest</i>	<i>ha</i>	150.000	20.000	30.000	50.000	250.000
	<i>Degraded forest</i>	<i>ha</i>		20.000	20.000	40.000	80.000
	<i>Total</i>	<i>ha</i>	150.000	40.000	50.000	90.000	330.000

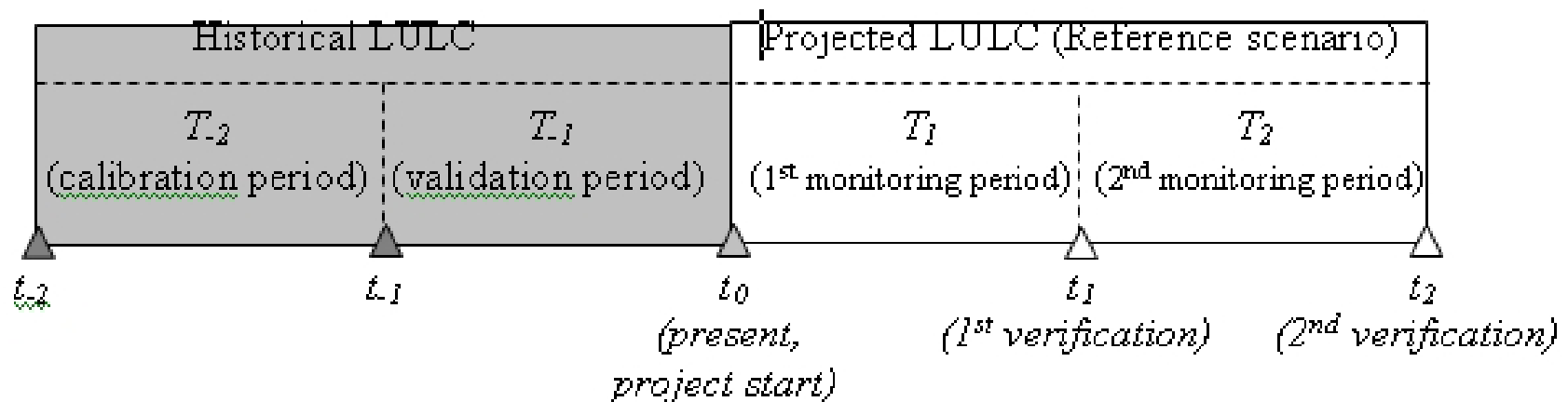


# Periodos de proyecto



Modelaje: calibration y validacion

Implementacion: periodos de monitoreo y reportaje



## Paso 1

Estimacion de una seria temporal  
de la cobertura del bosque

# El proyecto Ankeniheny-Mantadia-Zahamena: REDD + AR

Mantadia-Zahamena, Madagascar



Reforestación de  
>3,000 ha para  
conectar bosques

Conservación de  
>425,000 ha,  
financiado mediante  
carbón

Mantadia National Park and Analamazaotra Special Reserve

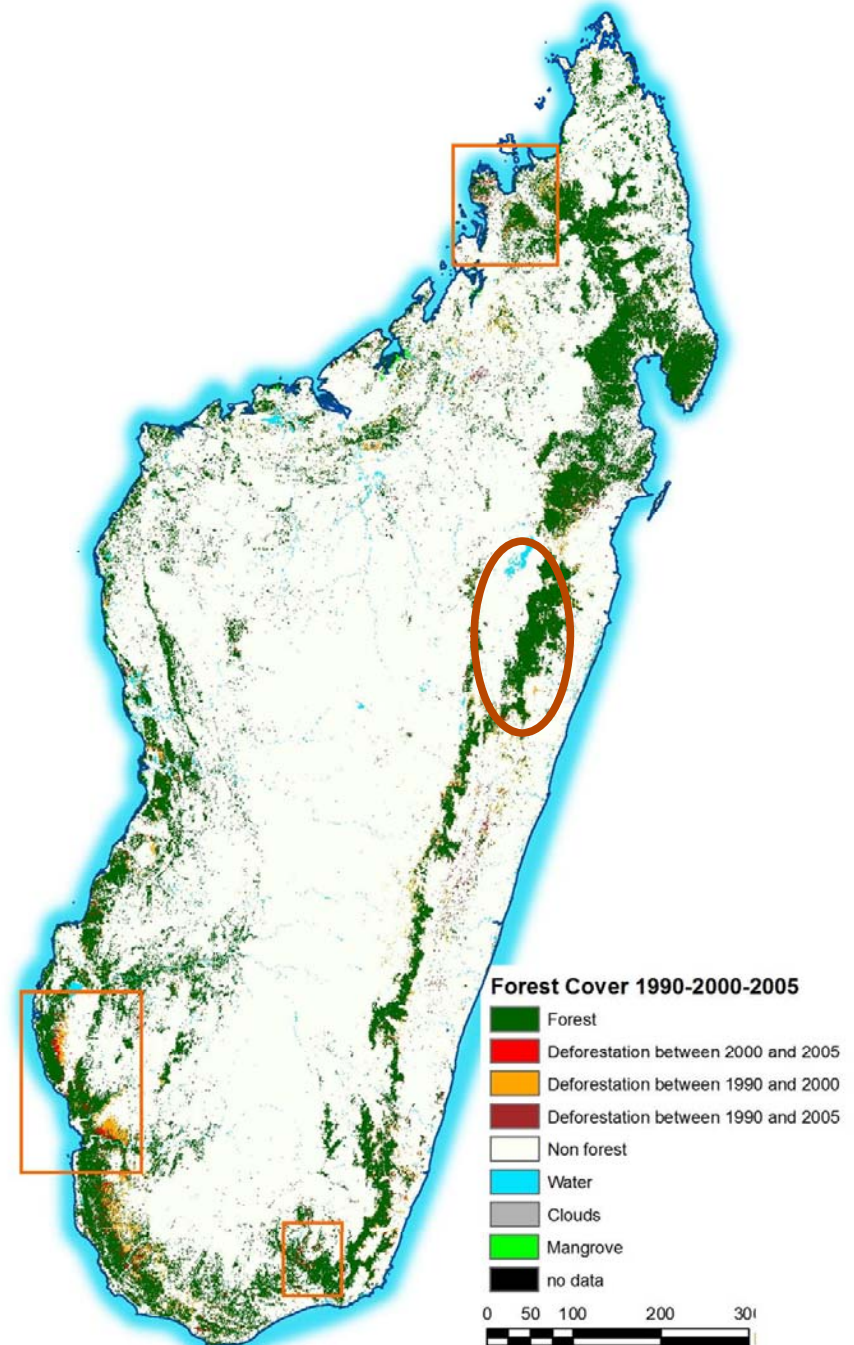


Image © 2004 DigitalGlobe  
Image © 2008 TerraMetrics  
Image NASA

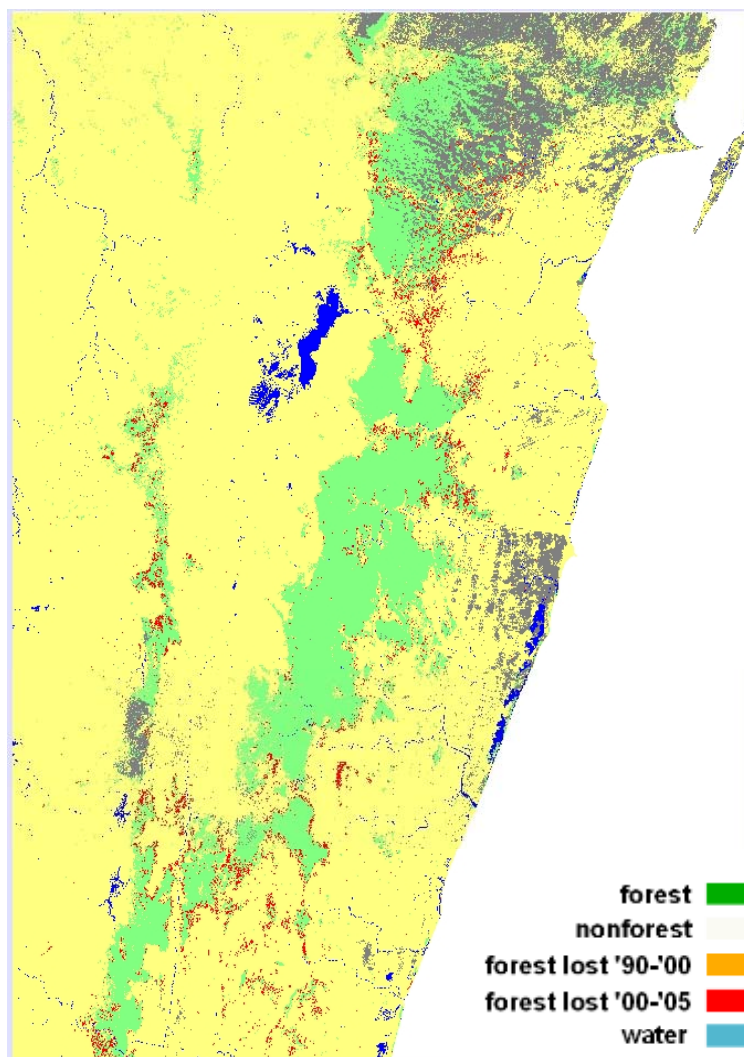
©2007 Google™

## Scenario CAZ

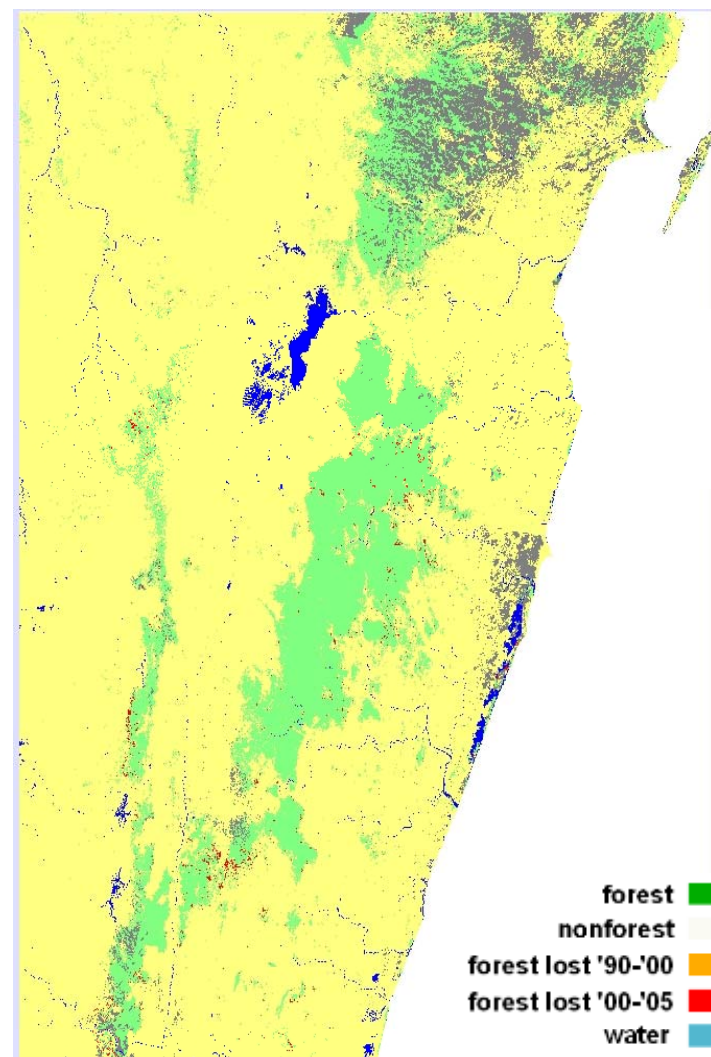
- Mapa de la dinamica de desforestacion
- Minimo de 3 fechas,  
(aqui 1990-2000-2005)
- 1990-2000 : usado para calibration del modelo para la linea base
- 2000-2005 : usado para la validation et mejoramiento del modelo



# Modelisation CAZ



Deforestacion actual: '90 – '00  
(calibracion)

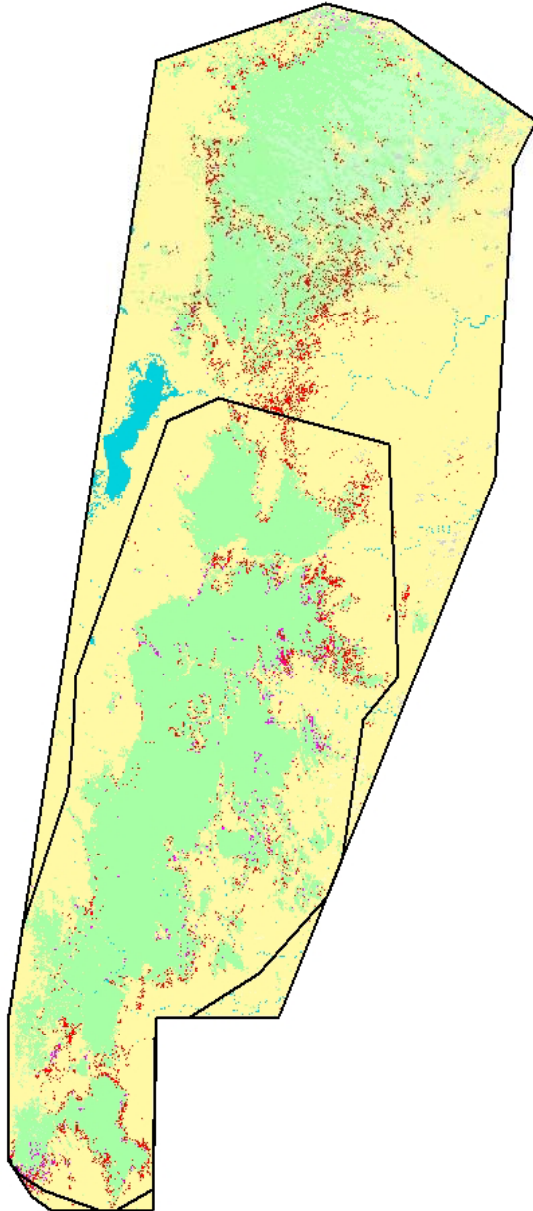


Deforestacion actual: '00 – '05  
(validacion)

## Paso 2

Delimitacion de los zones diferentes

# Modelisation CAZ



Corridor Zahamena Ankeniheny

Definicion de los zones de trabajo

Zone del proyecto:

- Donde van a hacer las actividades para reducir desforestacion
- Donde van a pedir los creditos para este proyecto  
(poligono interior)

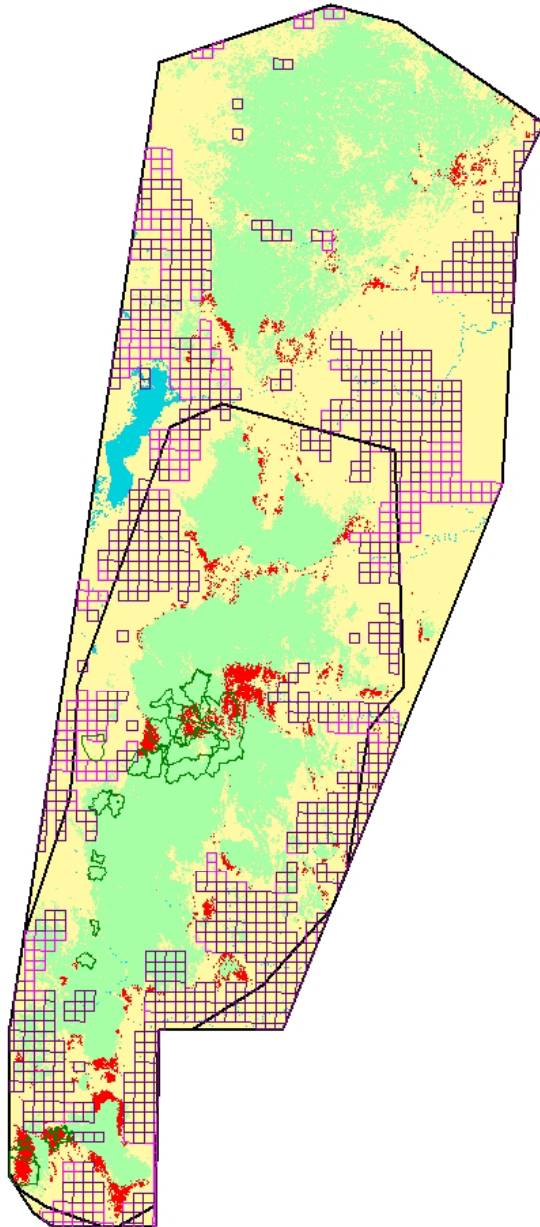
Zone de Fuga :

- Donde los actores podrian desplacear sus actividades
- Basado en tenencia y tipo de bosque y suelos  
(poligono interior)

Zone de referencia :

- Usado solo para analysis geografica y modelisacion
- Necesario para la calibracion del modelo de estimacion de futuros cambios  
(area total)

# Modelisation CAZ



Corridor Zahamena Ankeniheny

Definicion de los zones de trabajo

Zones de acciones dentro del proyecto:

- Donde habran acciones diferentes

Cuadros: minas

- con titulo ya
- propuestos (van a tener con o sin el proyecto)

Poligonos verde: areas de transfera de manejo a comunidades locales para extraccion sostenible

Areas protegidas: en proceso de delimitar

### Paso 3

Identificación de las variables  
en que la distribución  
de deforestación depende  
("determinantes")

# Modelisation CAZ

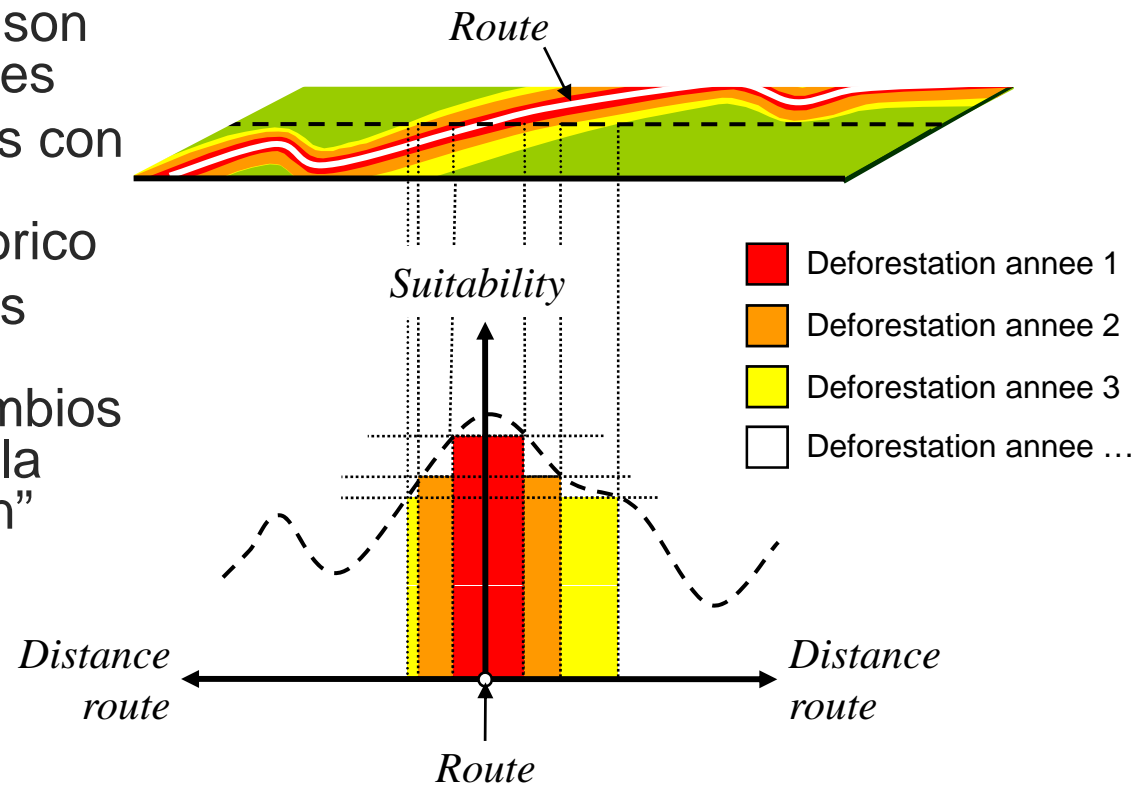


## Collección de los variables

- Hacer testigos con varios combinaciones de las variables, siempre incluyendo las que son los mas importantes
- Basado en relaciones con patrones de desforestacion historico
  - Evaluacion de las predicciones, comparando con cambios actuales durante la "epoca validacion"

Ejemplo de la relacion entre las variables y el desforestation:

Distancia de rutas



# Modelos Diferentes Disponibles



Dinamica

Geomod

Land Change Modeler (LCM)

# Modelos Diferentes Disponibles



## Dinamica

Multi-Transitions

Dynamic Variables

Road Builder

Infrastructures

Requires quantities

Variables need to be independent

## Geomod

Land Change Modeler (LCM)

# Modelos Diferentes Disponibles



## Dinamica

- Multi-Transitions
- Dynamic Variables
- Road Builder
- Infrastructures

- Requires quantities
- Variables need to be independent

## Geomod

- Easy to understand
- Explains relationship clearly
- Allows non-linear relationships
- Soft prediction
- Stratification
- Can calibrate location with only one map
- Land Change Modeler (LCM)

- Calibrates on entire history
- Manual reformatting (binning) of variables
- One way transition only
- Requires quantities
- Speed as currently implemented

# Modelos Diferentes Disponibles



## Dinamica

- Multi-Transitions
- Dynamic Variables
- Road Builder
- Infrastructures

- Requires quantities
- Variables need to be independent

## Geomod

- Easy to understand
- Explains relationship clearly
- Allows non-linear relationships
- Soft prediction
- Stratification
- Can calibrate location with only one map

- Calibrates on entire history
- Manual reformatting (binning) of variables
- One way transition only
- Requires quantities
- Speed as currently implemented

## Land Change Modeler (LCM)

- Handles interactions
- Dynamic variables
- Soft prediction (vulnerability)
- Allows non-linear relationships
- Computes quantity – Markov

- Multiple transitions

- Road and Infrastructure builder
- Allows incentives and constraints
- Manual reformatting (binning) of variables
- No explanation of relationships between variables and transitions

# Modelos Diferentes Disponibles



Ahora un ejemplo paso por paso de application de unos de estos tres programas:

Land Change Modeler

Programa de modelaje espacial

IDRISI

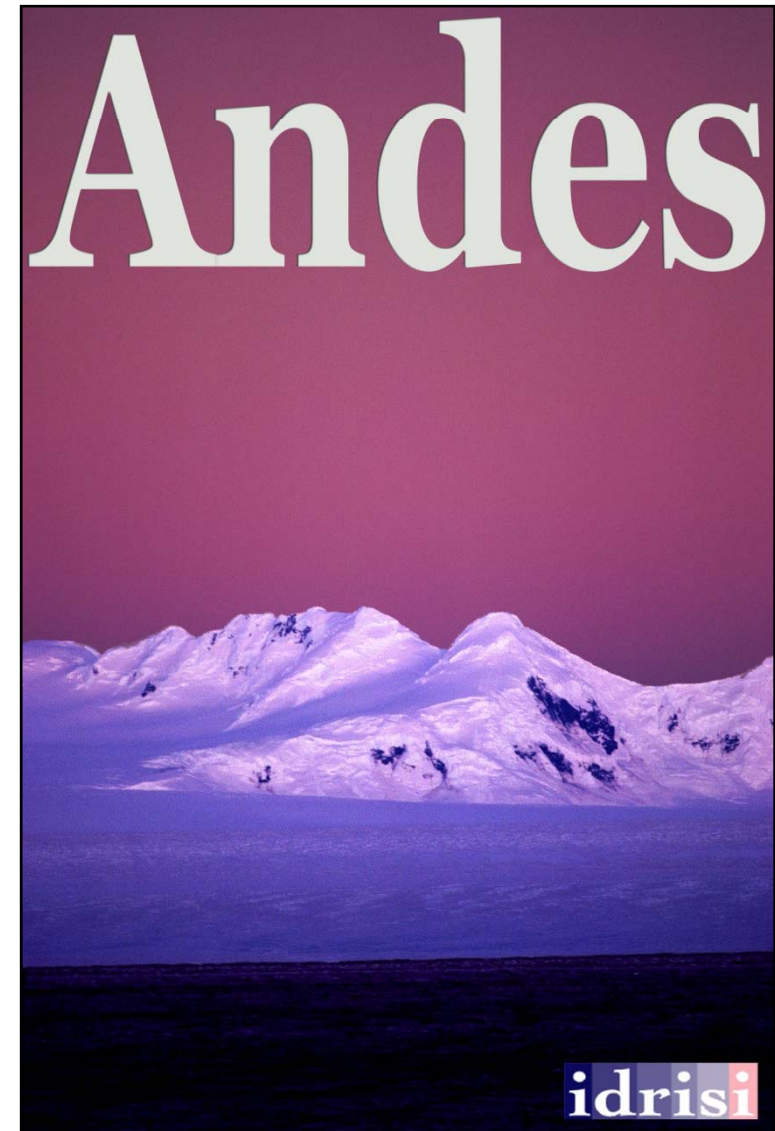
- 15 años en desarrollo
- “Andes” = ultima version

GeoMOD

- Lo mas usado para el modelaje espacial de cambios de cobertura de tierra

Land Change Modeler

- mas nuevo y fuerte por varios razones:
- no requiere variables determinantes que son independientes
- neural network en vez de regression
- puede modelar varios tipos de cambios y direcciones al mismo tiempo



# Modelisation CAZ



Specificacion de los mapas de cobertura en las dos fechas de calibracion

The screenshot shows the "Land Change Modeler : ES" application window with the "LCM Project Parameters" tab selected. The dialog box contains the following fields and options:

- ☒ Create new project : F:\data\Marc\LCM\Guate\model ...
- ☐ Use existing project :
- Earlier land cover image : F:\data\Marc\LCM\Guate\model ... Date : 1986
- Later land cover image : F:\data\Marc\LCM\Guate\model ... Date : 2000
- Basis roads layer (optional) : ...
- Elevation model (optional) : ...
- ☒ Use special palette F:\data\Marc\LCM\Guate\model ...
- Continue ...

Option para crear un mapa de cambio

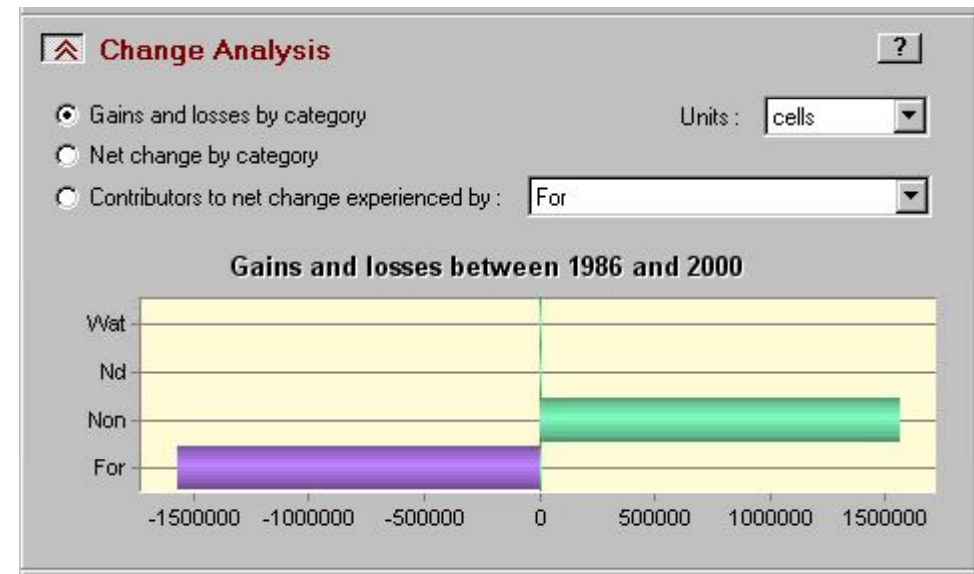
The screenshot shows the "Land Change Modeler : ES" application window with the "Change Maps" tab selected. The dialog box contains the following fields and options:

- ☐ Map changes ☐ Ignore transitions less than 1000 cells
- ☐ Map persistence
- ☐ Map gains / losses in : Non ☐ Include Persistence
- ☐ Map the transition from : For to : Non
- ☒ Exchanges between : For and Non
- Output name (optional) : F:\data\Marc\LCM\Guate ...
- Create Map

# Modelisation CAZ



Estatísticas summaries:  
Incremento y perdido de cada  
clase  
(en area)



Matrice de transition:  
Cambios entre classes especificas

(en proporciones entre 0 y 1)

*Esta tasa va a mantenerse durante el futuro?*

*Es conservativo usar la tasa historical?*

Transition Probabilities Grid				
Given :	Probability of changing to :			
	For	Non	Nd	Wat
For	0.9683	0.0317	0.0000	0.0000
Non	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Nd	0.3333	0.3333	0.0000	0.3333
Wat	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

# Modelisation CAZ



Selection de los tipos de cambios  
a proyectar

En nuestro caso solo bosque a no-bosque

Bosque: todo bosque en el area con una  
Biomassa promedio

No-bosque: mosaico de agricultura y  
barbechos, con una biomassa promedio  
Para en paisaje deforestada

Selection de los variables a utilizar como  
variables determinantes

En nuestro caso:  
11 variables fueron usados

Land Change Modeler : ES

Change Analysis | Transition Potentials | Change Prediction | Implications | Planning

**Transition Sub-Models : Status**

	From :	To :	Sub-Model Name :
Yes	For	Non	For_to_Non

Include all      **To group sub-models, give them a common name**

Include none      Sub-Model to be Evaluated : For\_to\_Non

**Transition Sub-Model Structure**

Variable :	Role :	Basis layer type :	Operation :
F:\data\Marc\LCM\Guat\mc	Static		
F:\data\Marc\LCM\Guat\mc	Static		
F:\data\Marc\LCM\Guat\mc	Static		
F:\data\Marc\LCM\Guat\mc	Static		
F:\data\Marc\LCM\Guat\mc	Static		

Number of files: 11

Insert layer group...      Remove file...

**Run Transition Sub-Model**

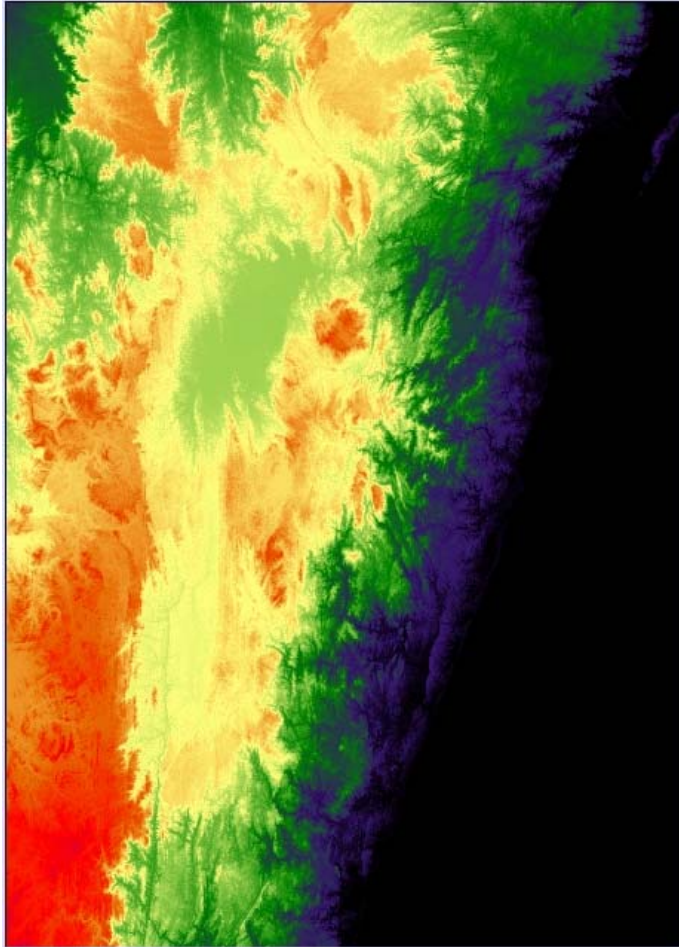
☒ MLP Neural Network      ☐ Logistic Regression

Minimum cells that transitioned from 1986 to 2000 : 1568320

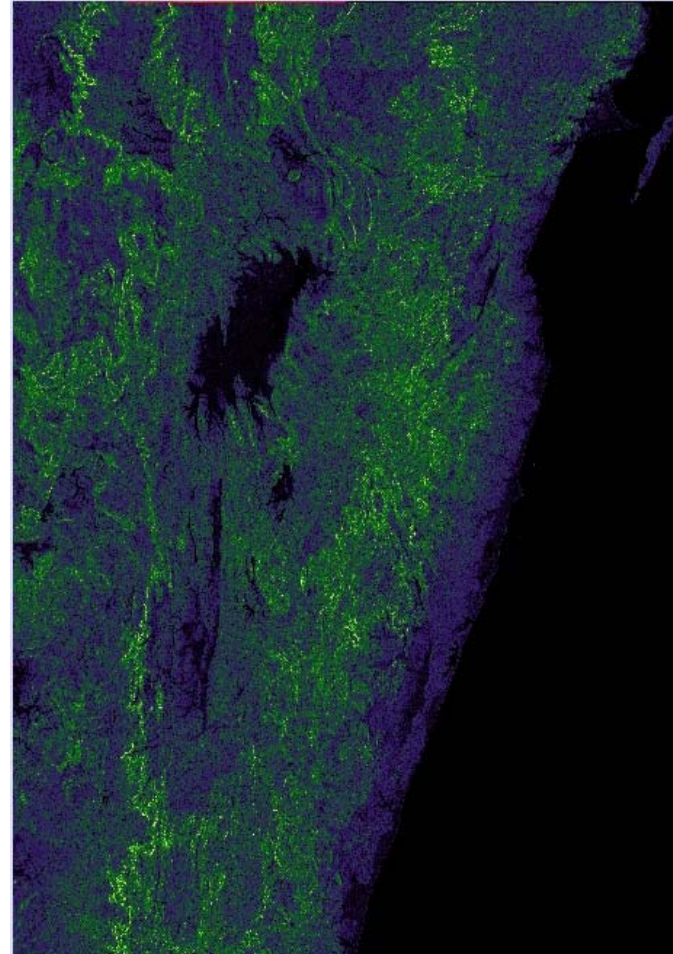
Minimum cells that persisted from 1986 to 2000 : 20084570

Max Sample Size : 10000      Run Sub-Model

# Modelisation CAZ

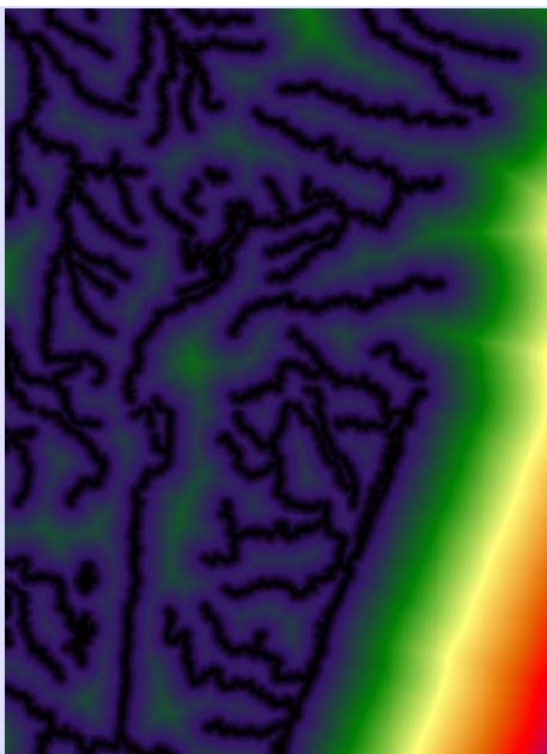


Altitude

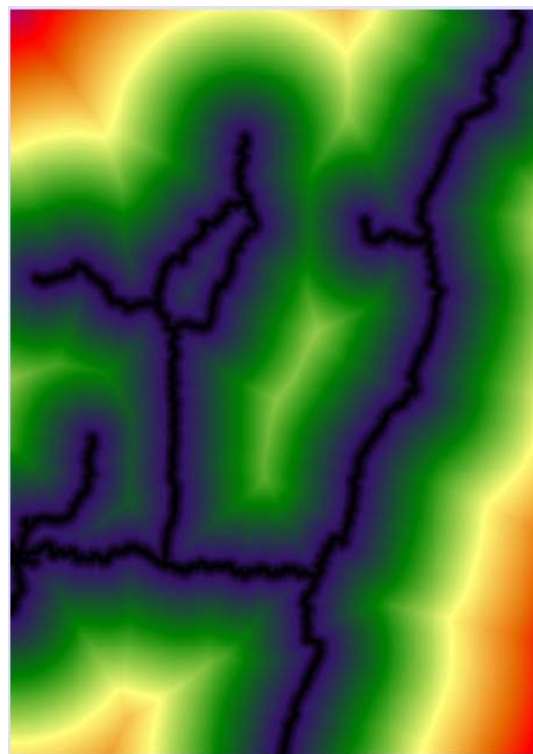


Pente

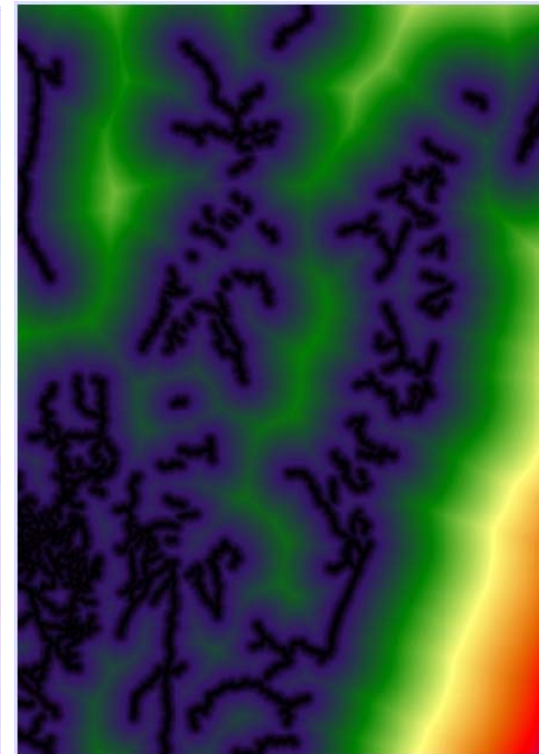
# Modelisation CAZ



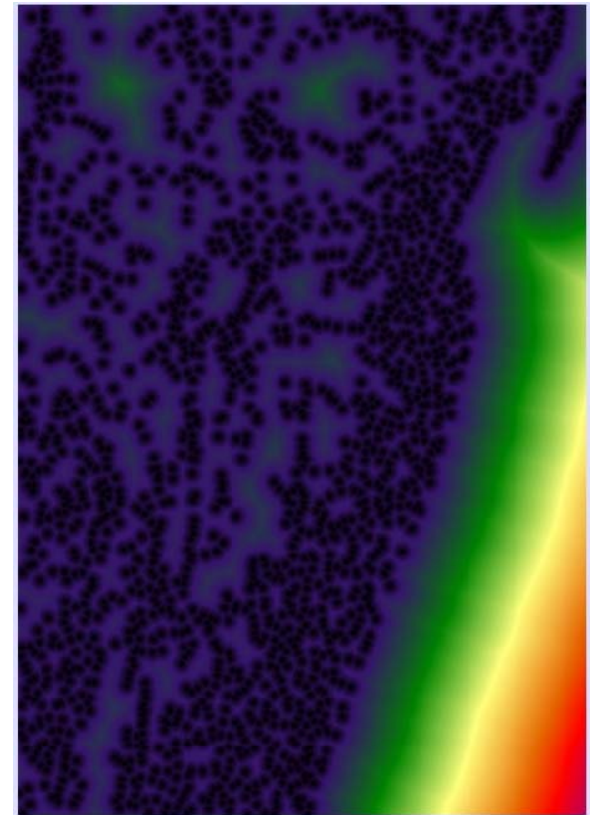
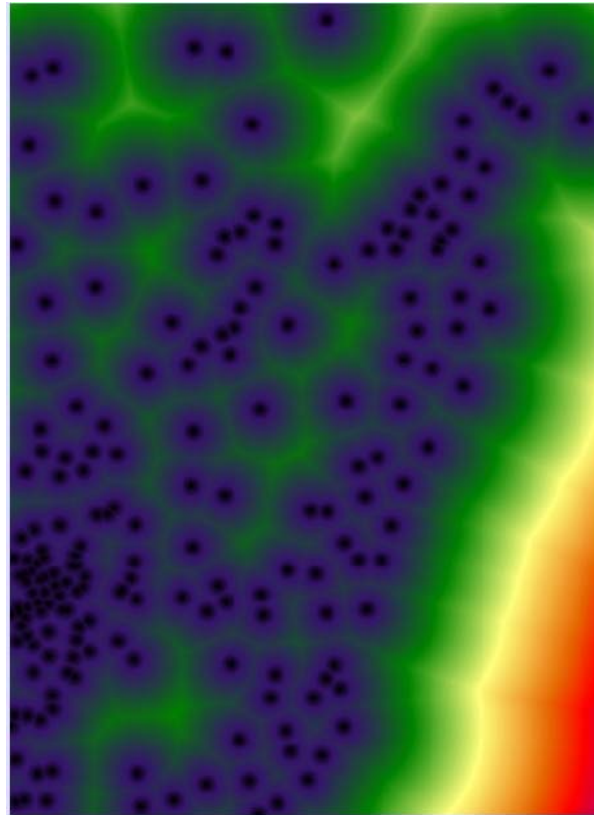
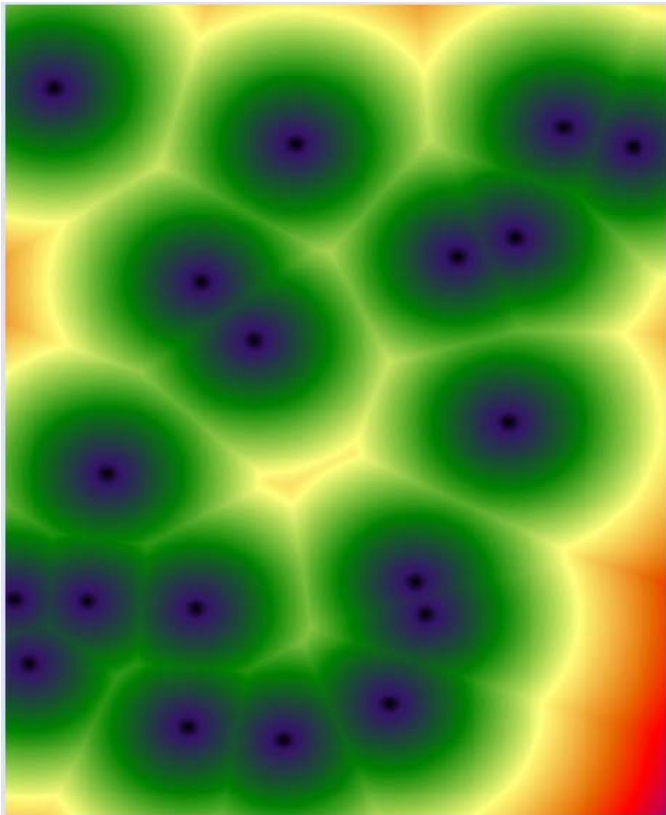
Distancia a los rios



Distancias a las rutas (mayores y menores)



# Modelisation CAZ



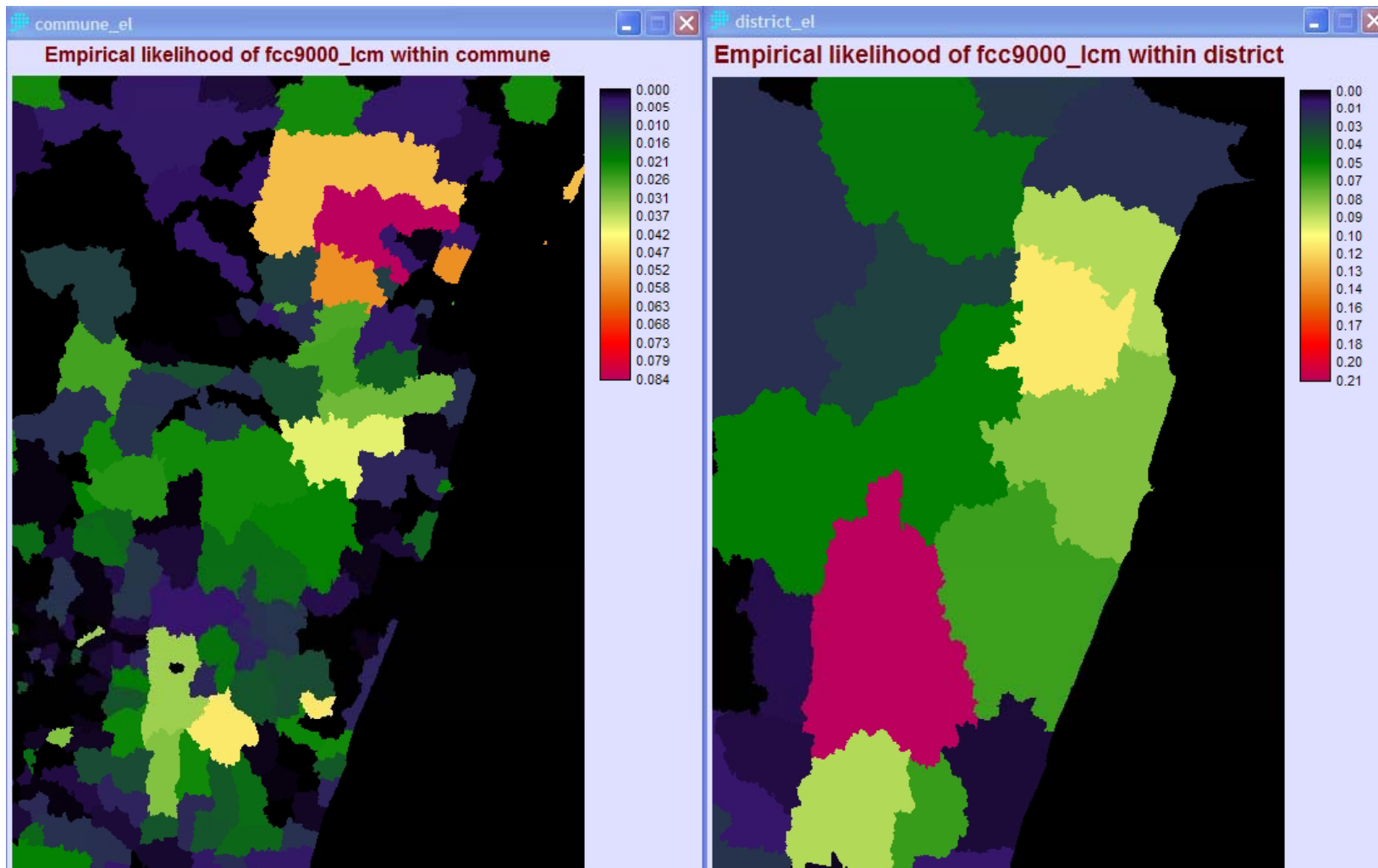
Distancia a los pueblos: mayores hasta menores

# Modelisation CAZ



“Evidence likelihood” = “evidencia de probabilidad”

- Basado en tasa de cambios diferentes en distritos y communes diferentes
- Es una manera de incluir poblacion, pero mas como ha afectado tasa recien



# Modelisation CAZ



Otro "Evidence likelihood"

- Areas ya protegidas vs no-protegidas
- para tomar en cuenta tasas muchas mas bajas en APs

# Modelisation CAZ



Ahora a correr la primera parte del modelo:

Estimacion de la distribucion de *las potenciales de transicion*

Recuerda: esta basado en relaciones espaciales entre las determinantes  
y el deforestacion entre 1990 y 2000

# Modelisation CAZ



El “Multi-layer Perceptron” (MLP) – un tipo de neural network

**MLP - Multi-Layer Perceptron Classifier**

☒ Train network ☐ Load weights

**Band images**

Band ID	Image name
Band 1	ap_only_el
Band 2	dist_cities
Band 3	dist_forest_edge_1990

Number of files: 8

Insert layer group ...  
Remove current file

**Training site specification**

☒ Image ☐ Vector Training pixels per category: 4955  
mantadia\_lcm1\_Train\_For\_t ... Testing pixels per category: 4955

**Network topology**

Input layer nodes: 8  
Output layer nodes: 2  
Hidden layers: 1  
Layer 1 nodes: 4  
Layer 2 nodes: 1

**Training parameters**

☒ Use automatic training  
☒ Use dynamic learning rate  
Start learning rate: 0.00144  
End learning rate: 4.99999  
Momentum factor: 0.5  
Sigmoid constant a: 1.0

**Stopping criteria**

RMS: 0.0001  
Iterations: 5000  
Accuracy rate: 100 %

**Running statistics**

Iterations: 2805  
Learning rate: 0.000219  
Training RMS: 0.002766  
Testing RMS: 0.002822  
Accuracy rate: 76.74%

**Output options**

☐ Hard classification ☐ Perform confusion matrix analysis  
☒ Map output activation levels ☒ Sigmoidal ☐ Linear  
☐ Map hidden layer activation

**Output file names**

Hard classification image: ...  
Activation level prefixes:  
Output layer: mantadia\_lcm1 ...  
Hidden layer 1: ...  
Hidden layer 2: ...

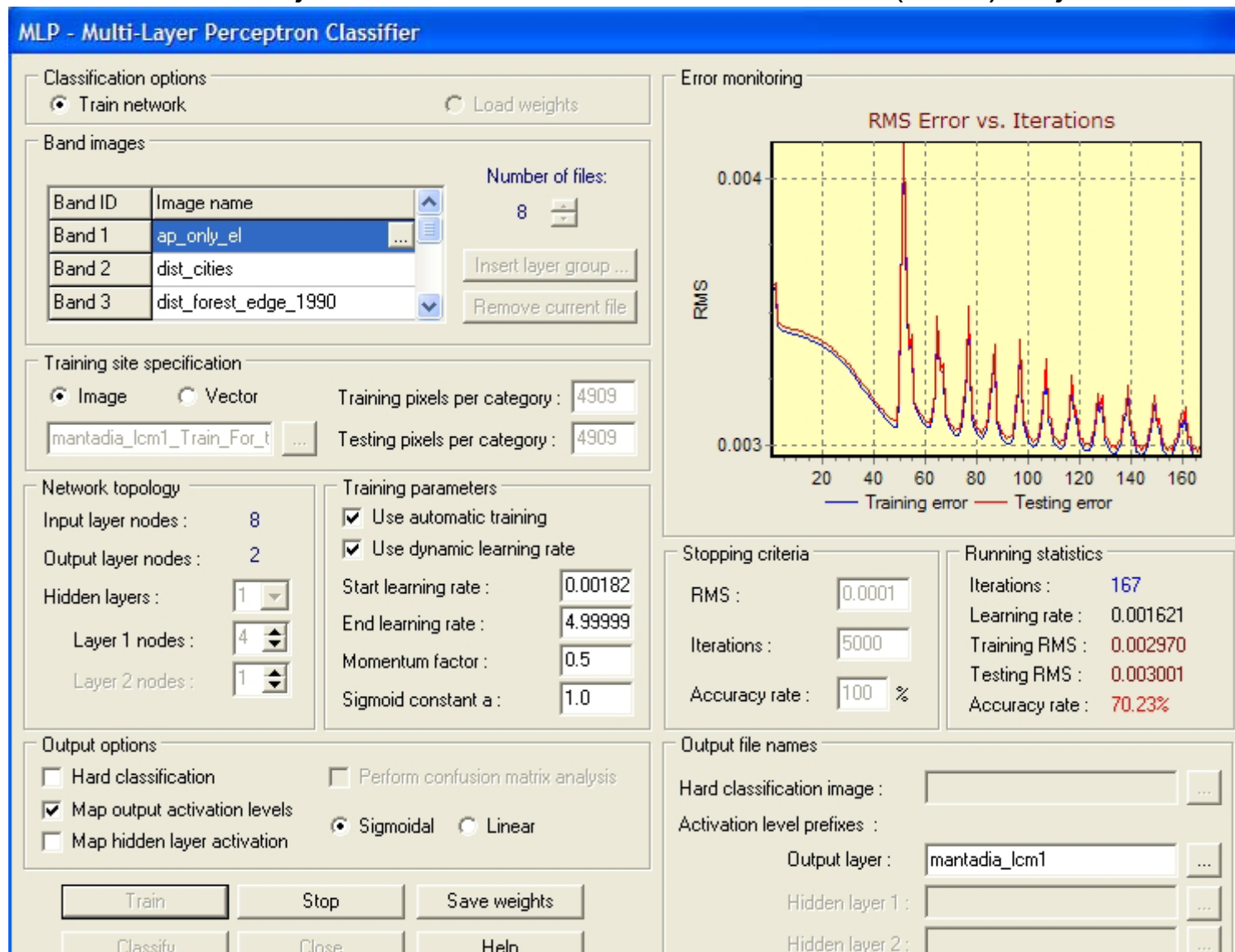
Train Stop Save weights  
Classify Close Help

A diagram of a Multi-Layer Perceptron (MLP) neural network. It consists of three layers of nodes: an Input Layer with 8 blue nodes, a Hidden Layer with 4 red nodes, and an Output Layer with 2 green nodes. All nodes in one layer are connected to all nodes in the next layer by lines representing weights.

# Modelisation CAZ



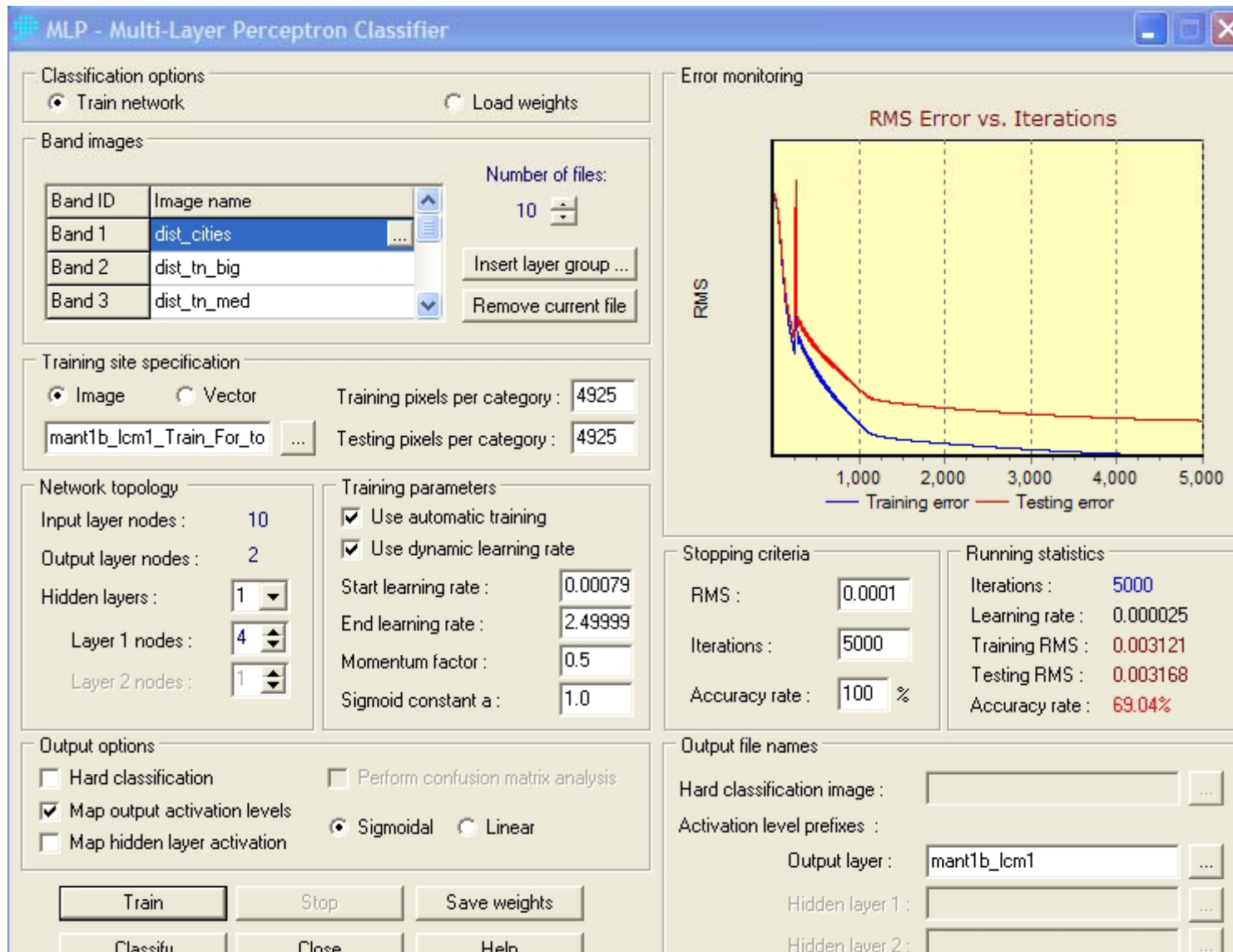
Corriendo, mejorando durante iteraciones, RMS (error) bajando ...



# Modelisation CAZ



Finalizo a iteracion 5000 (puede para antes), duro ~10 minutos



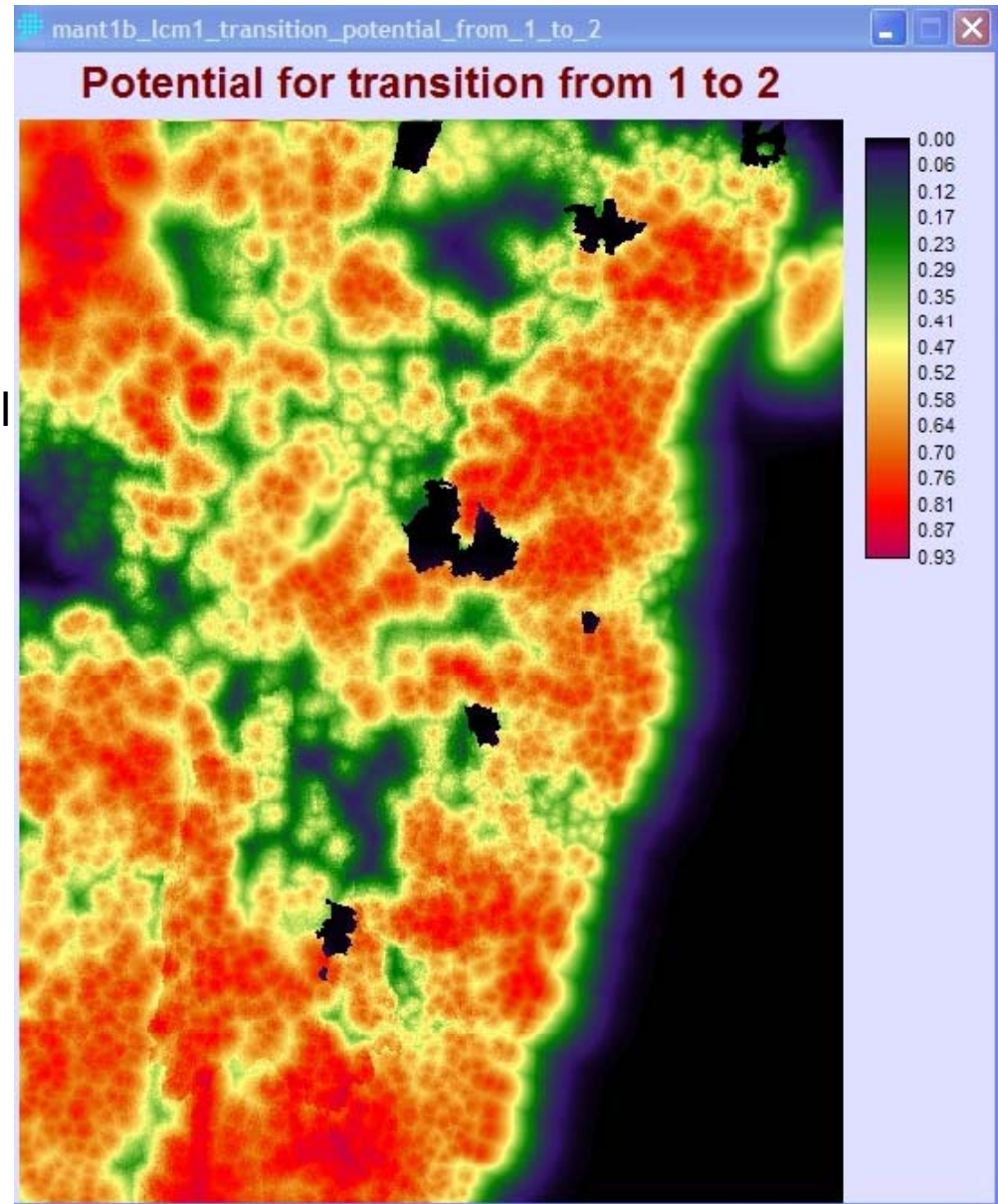
# Modelisation CAZ



Resulta de “MLP”:

Mapa de potencial para cambio

- Valores entre 0 y 1
- Hemos forzado a estimar por cada pixel (van a ver porque mas tarde)



# Modelisation CAZ



Ahora a correr la parte parte del modelo:

Distribuir casos de deforestacion en las areas con  
las mas altas *potenciales de transicion*

# Modelisation CAZ



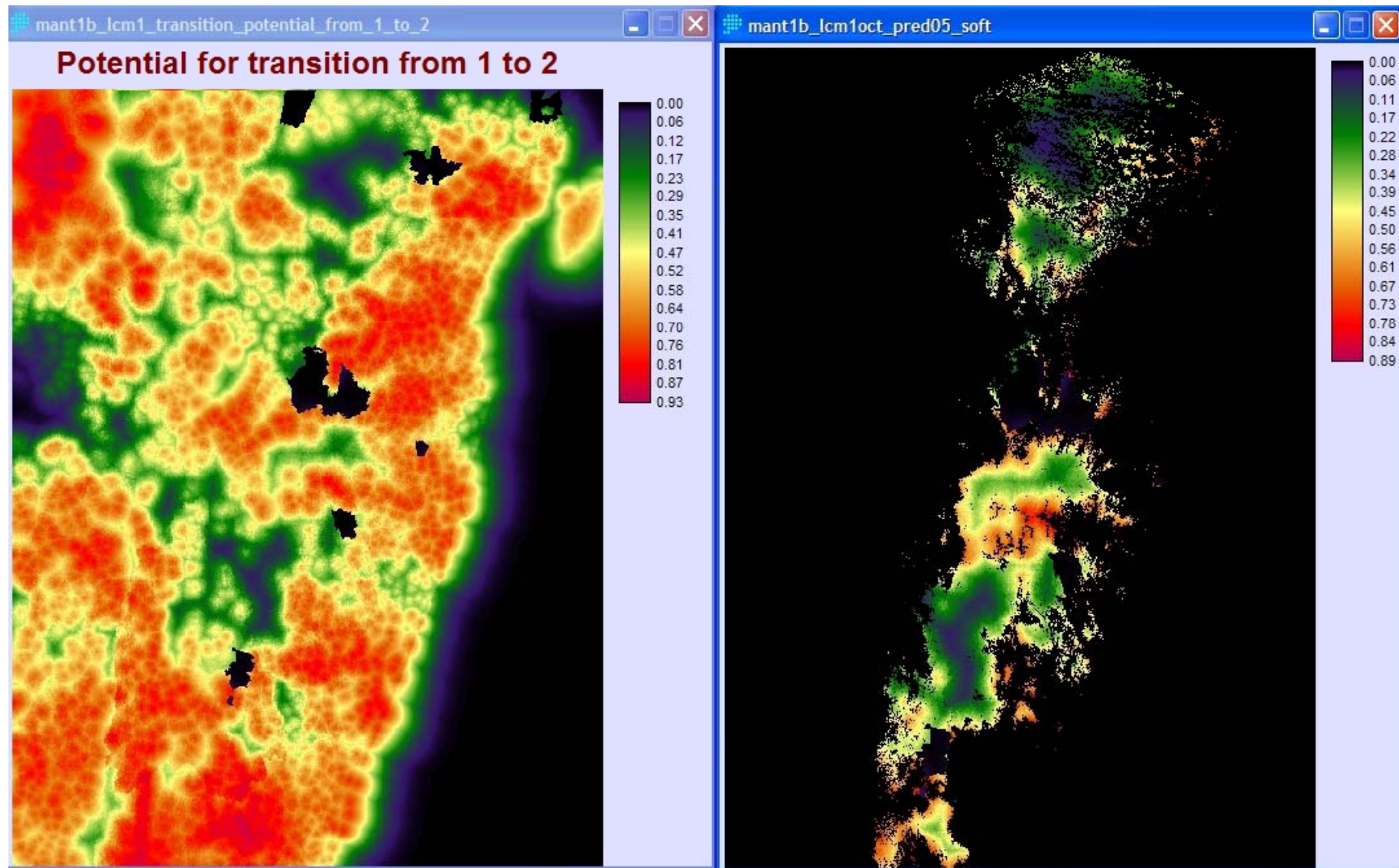
## Distribuir casos de deforestacion

- Por ahora, estamos en el paso de validacion.  
Entonces queremos estimar los cambios entre 2000-2005, y compararlos con los patrones actuales de deforestacion.
- Queremos evaluar la capacidad de prediccion de distribucion, no de tasa.  
(porque la tasa durante el duracion del proyecto estara basado en nuestro assumption)
- Tenemos que usar una mascara para limitar predicciones entre '00-'05 en las areas donde podemos ver el deforestacion durnate este periodo (es decir, eliminar areas con nubes)
- Tenemos que poner la tasa total a distribuir igual a lo de los datos de validacion

# Modelisation CAZ



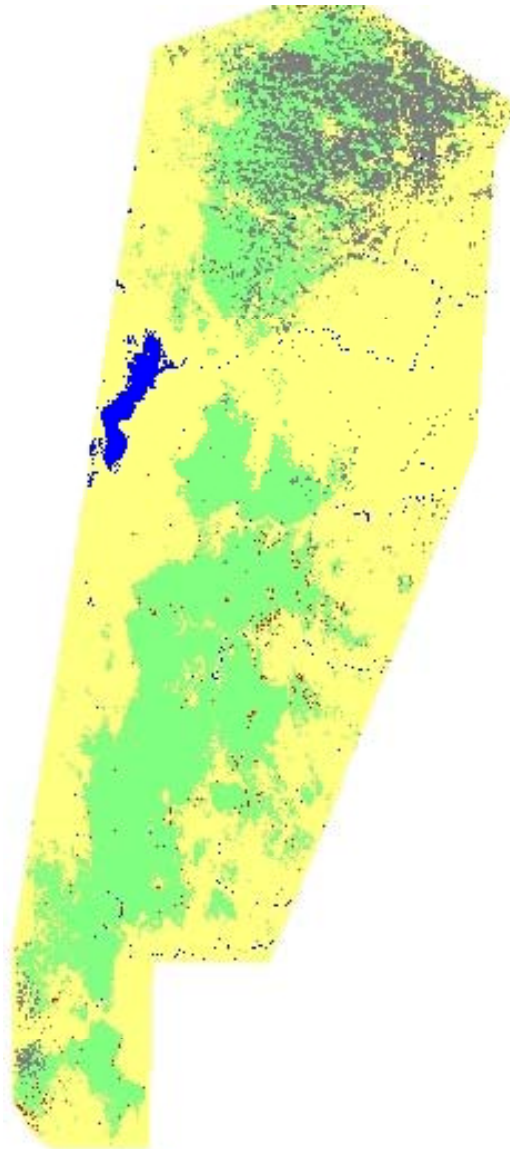
Mascara aplicada a la mapa de potencial



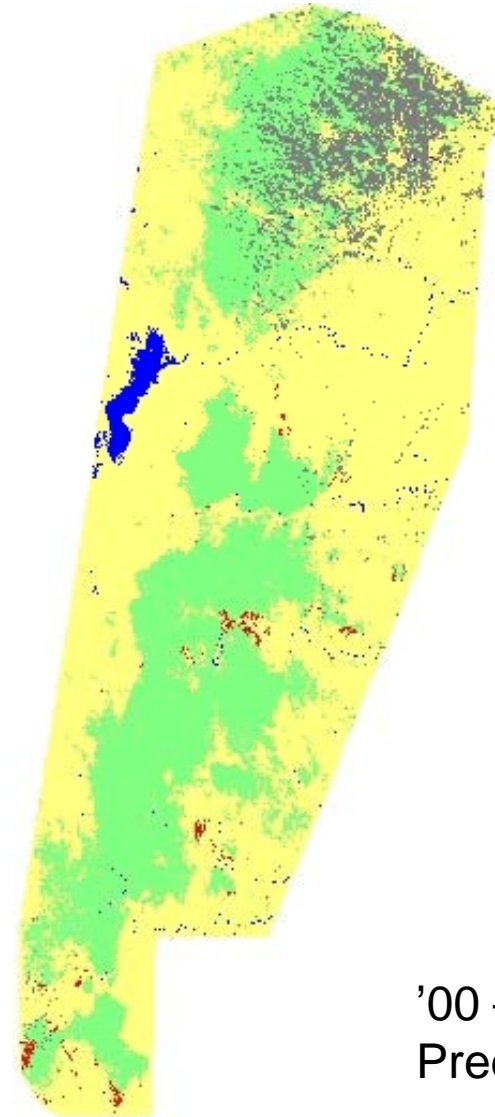
# Modelisation CAZ



'00 – '05  
Actual



'00 – '05  
Prediccion



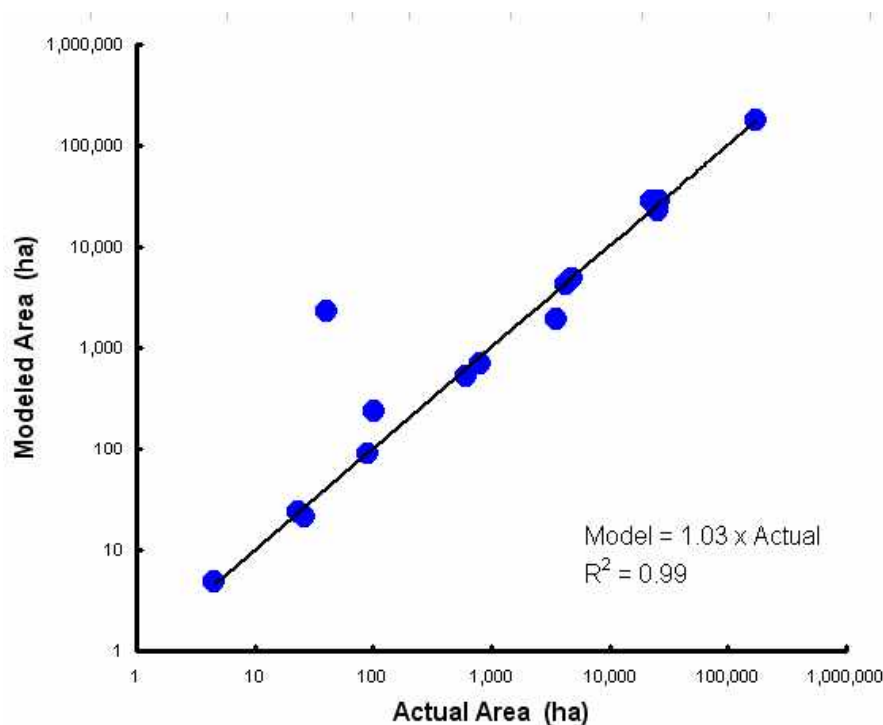
# Guatemala Reference Scenario Example



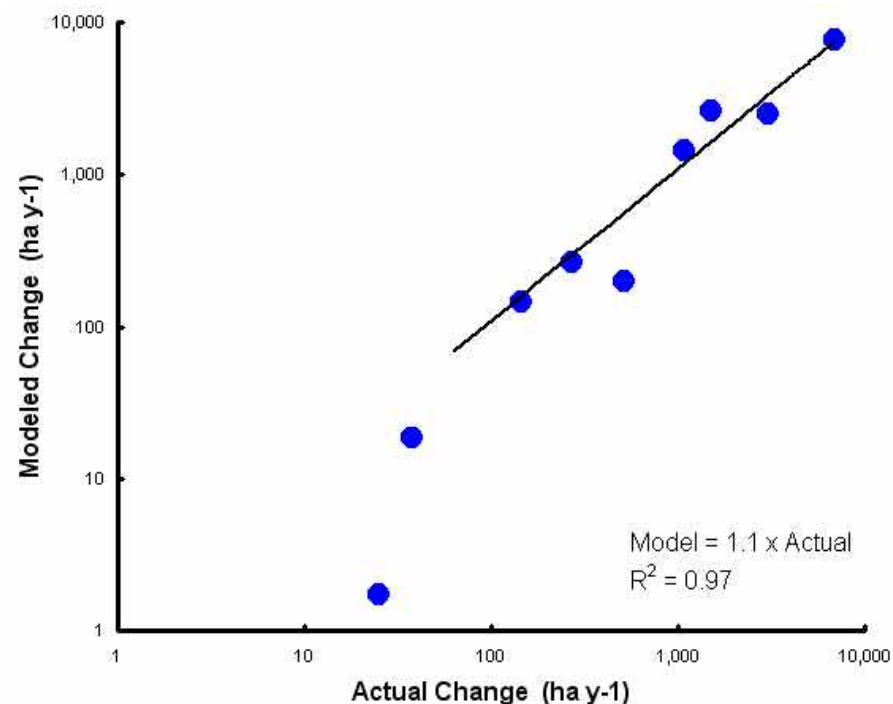
## Model Validation

Error in deforested area in 2005 and change rate:  
Site level

Deforested area in 2005



Change rate 2000 - 2005



# Modelisation CAZ



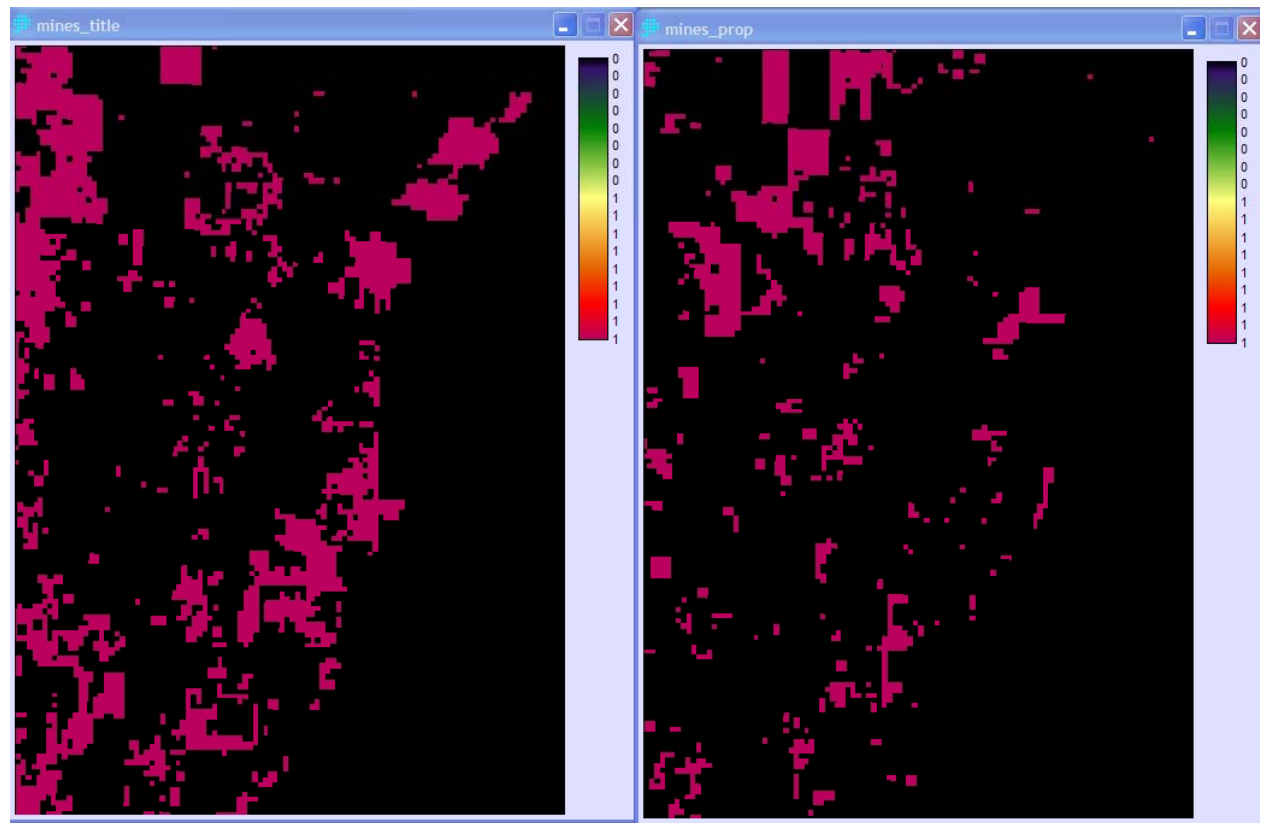
Ahora a correr el prediccion por el duracion del proyecto:

- Usamos la misma mapa de potencial
- Pero usamos una mascar diferente:
  - Bosque que queda en 2005, no 2000
  - Excluir minas (van a haber con o sin proyecto, y van a esta guardados)
- Usamos la tasa historica por el duracion del proyecto

# Modelisation CAZ



Minas excluidos  
por la mascara



# Modelisation CAZ



Modificamos la matrice de cambio, usando la tasa historical extrapolada a 30 años

**Transition Probabilities Grid**

Given :      Probability of changing to :

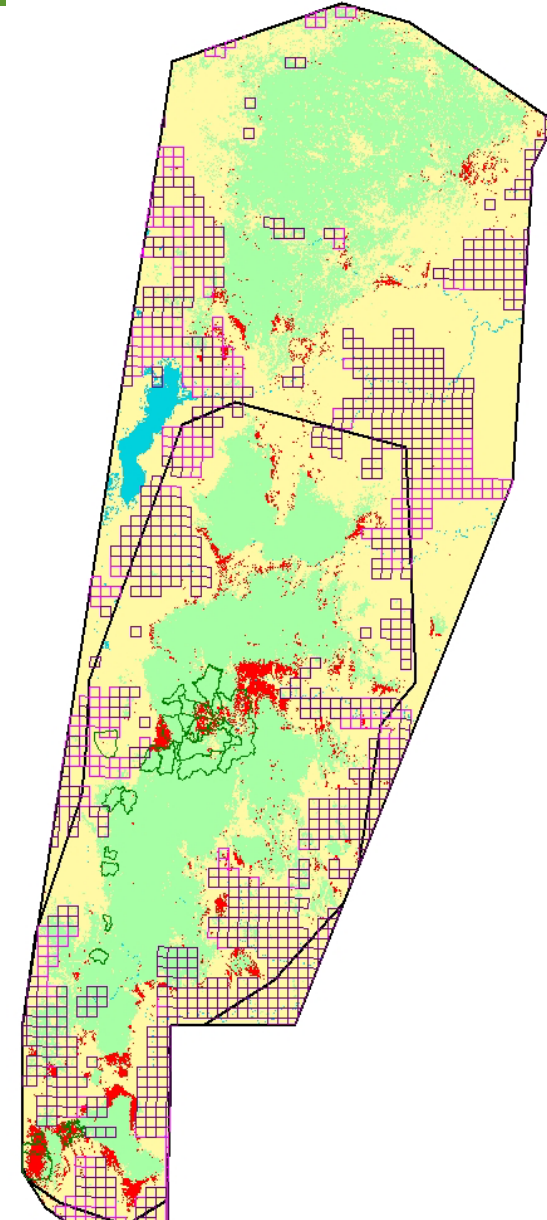
	For	Non	Nd	Wat	Cld
For	0.9160	0.0840	0.0000	0.0000	0.0000
Non	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Nd	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Wat	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
Cld	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

# Modelisation CAZ



Resulta de nuevo prediccion:

Estimacion de distribucion de  
deforestacion durante 30 años



# Deforestacion en Mosaico



GRACIAS

Marc Steininger  
CI - headquarters  
[msteininger@conservation.org](mailto:msteininger@conservation.org)