



Un Modelo de la Biocomplejidad Basado en Agentes

A MODEL OF THE BIOCOMPLEXITY OF DEFORESTATION
IN TROPICAL FOREST:
CAPARO CASE STUDY

Raquel Quintero, Magdiel Ablan, Rodrigo Barros,
Jacinto Dávila, Niandry Moreno, Mayerlin Uzcátegui, Giorgio
Tonella, Miguel Acevedo

Centro de Simulación y Modelos, CESIMO
Universidad de Los Andes, Mérida – Venezuela



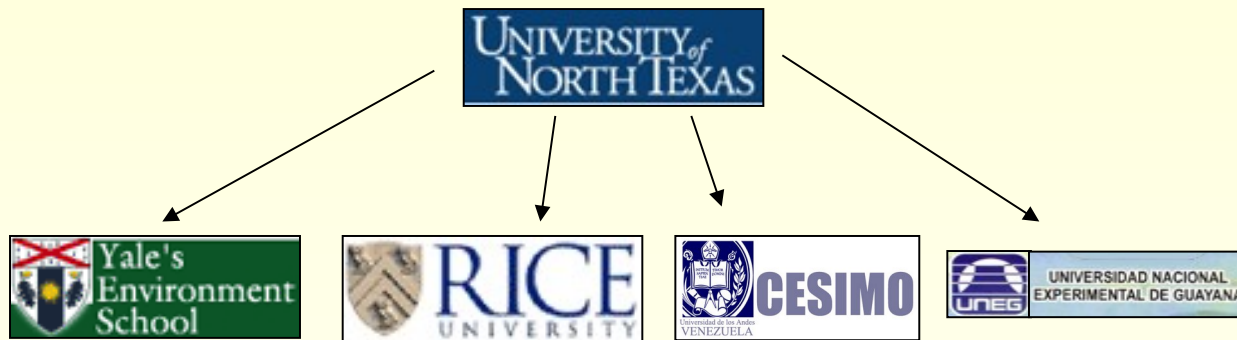
CESIMO



Objectives

This study is a subproject of

Biocomplexity: Integrating Models of Natural and Human Dynamics into Forest Landscapes across Scales and Cultures
(<http://www.geog.unt.edu/biocomplexity>)



Aims:

- to model and simulate land use processes and changes in vegetation cover as a consequence of human actions
- to achieve an understanding of the interactions between human and natural systems to be able to analyze them and to forecast their effects.

<http://cesimo.ing.ula.ve/INVESTIGACION/PROYECTOS/BIOCOMPLEXITY/>

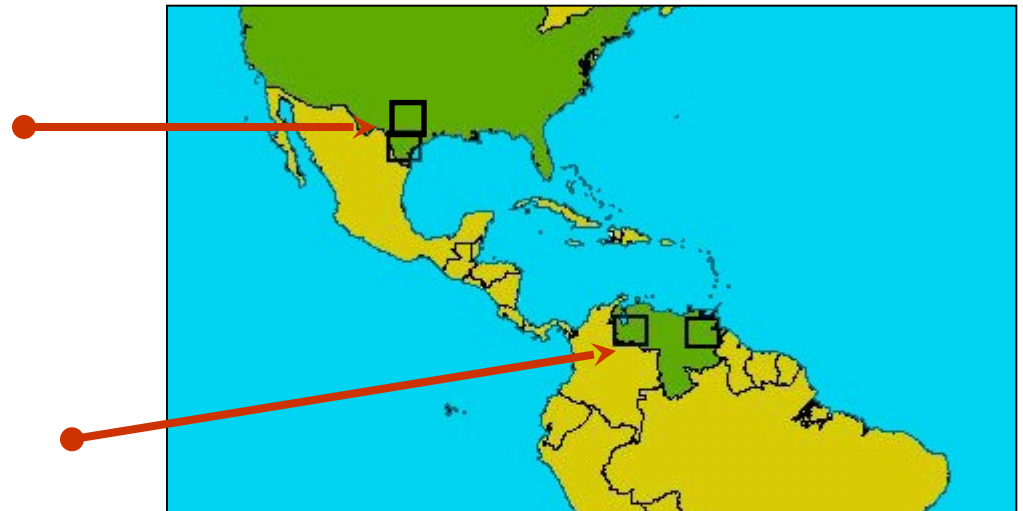
Biocomplexity

Biocomplexity is the result of dynamic interactions among different biological, physical and social aspects of a natural system.

Case studies

Trinity River
Natural Reserve of Big
Thicket River

Caparo Forest Reserve
Imataca Forest Reserve

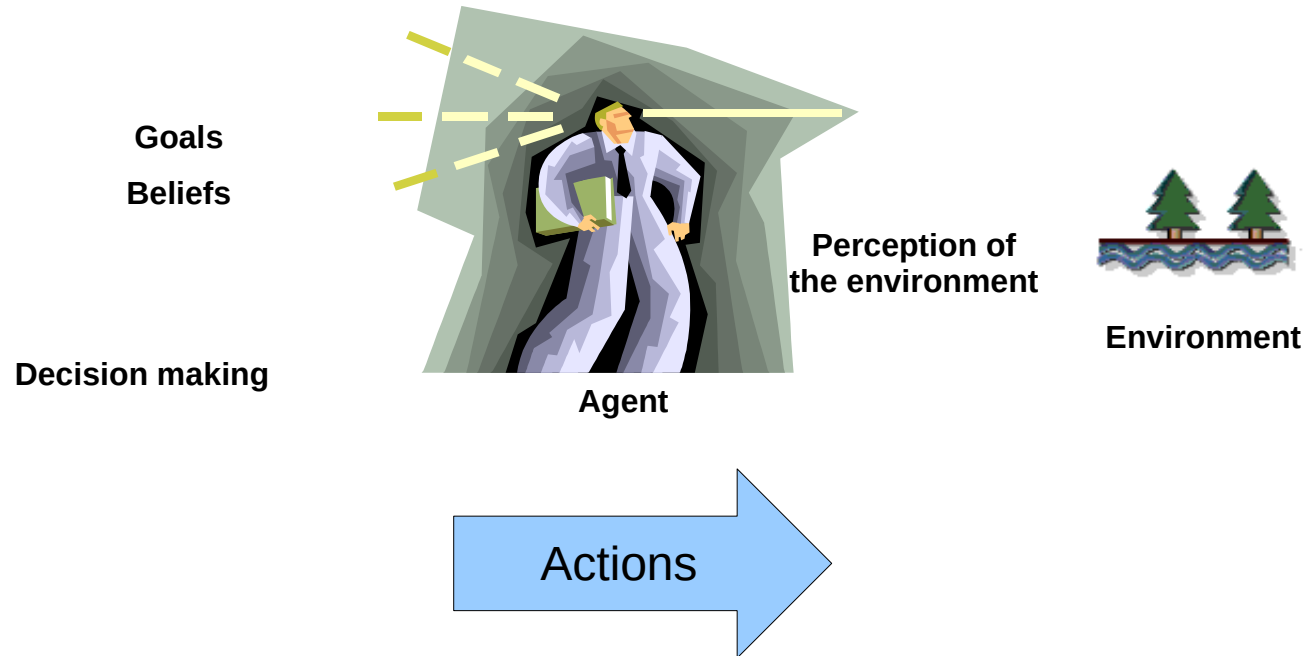


Research questions



- Which conditions of interactions between models of natural systems and of humans lead to sustainability?
- ¿How these conditions change with different scales and cultures?

Agents



Examples of rules for the settlers

if vigilancia then pensar_en_otro_sitio.

if not(tierra_ocupada), not(vigilancia), uso_de_la_tierra_igual_baldía
then establecerse1.

if not(tierra_ocupada), not(vigilancia),
uso_de_la_tierra_igual_bosque_sin_madera then establecerse2.

if not(tierra_ocupada), not(vigilancia),
uso_de_la_tierra_igual_plantación then establecerse2.

if not(tierra_ocupada), not(vigilancia),
uso_de_la_tierra_igual_bosque_con_madera then establecerse3.

to establecerse1 do invadir,

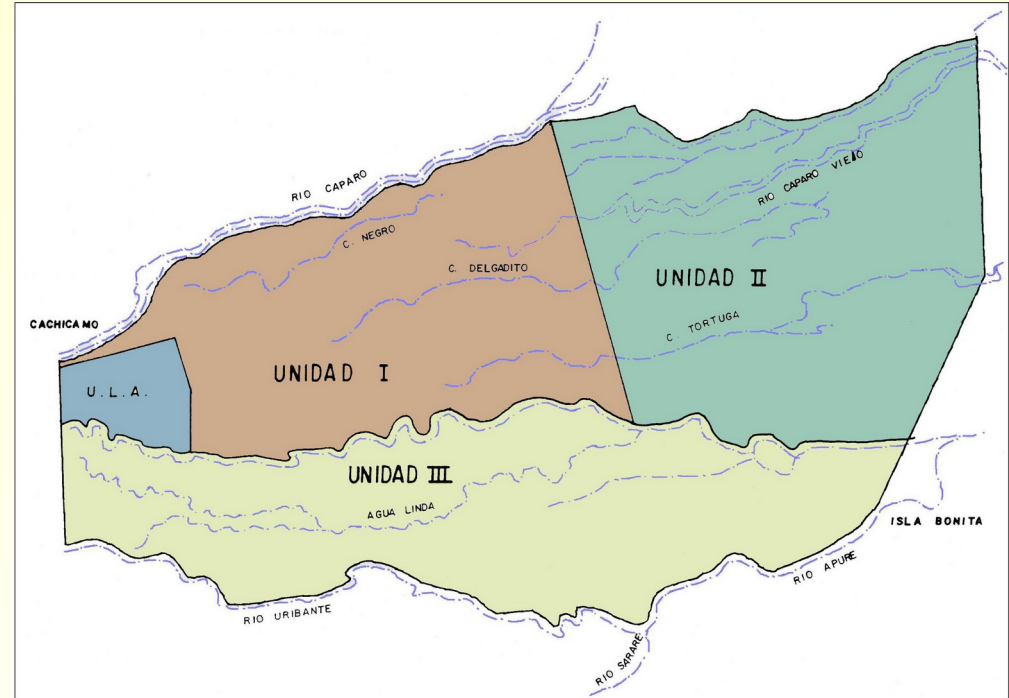
to establecerse2 do invadir, talar,

to establecerse3 do invadir, talar, venta_de_madera.

Location of Caparo Forest Reserve (CFR)

CFR was created in 1961 with an original surface area of 176.434 ha.

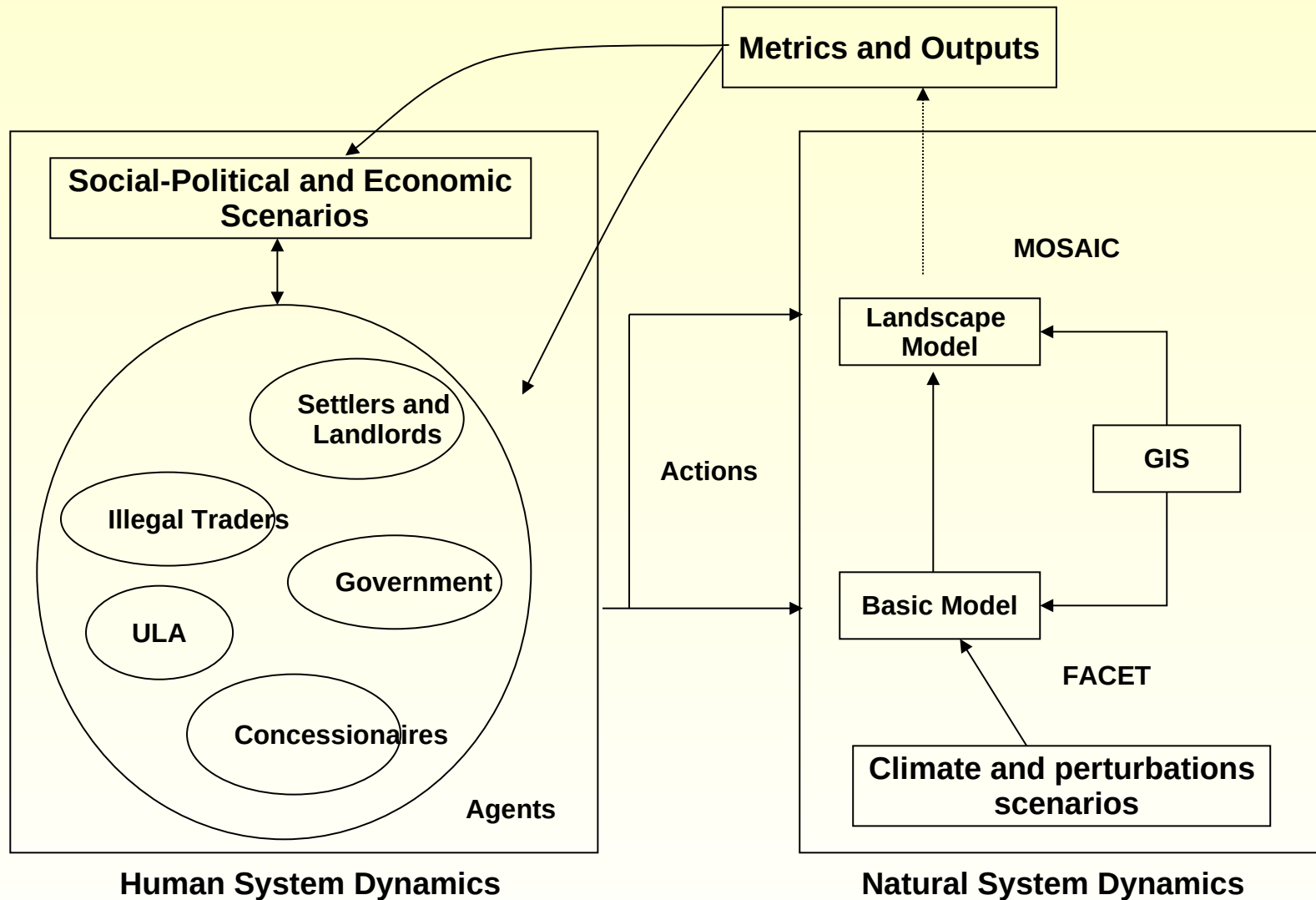
Study Area: 53.358 ha. (the Unit 1)



Only 7.000 ha. of forest (all in the Experimental Area)
have survived deforestation (1970-2002)



Environment-Humans Interaction Model



Examples of agents and their actions

Concessionaire Agents

Exploitation of Forests
Reforestation

Settler Agents

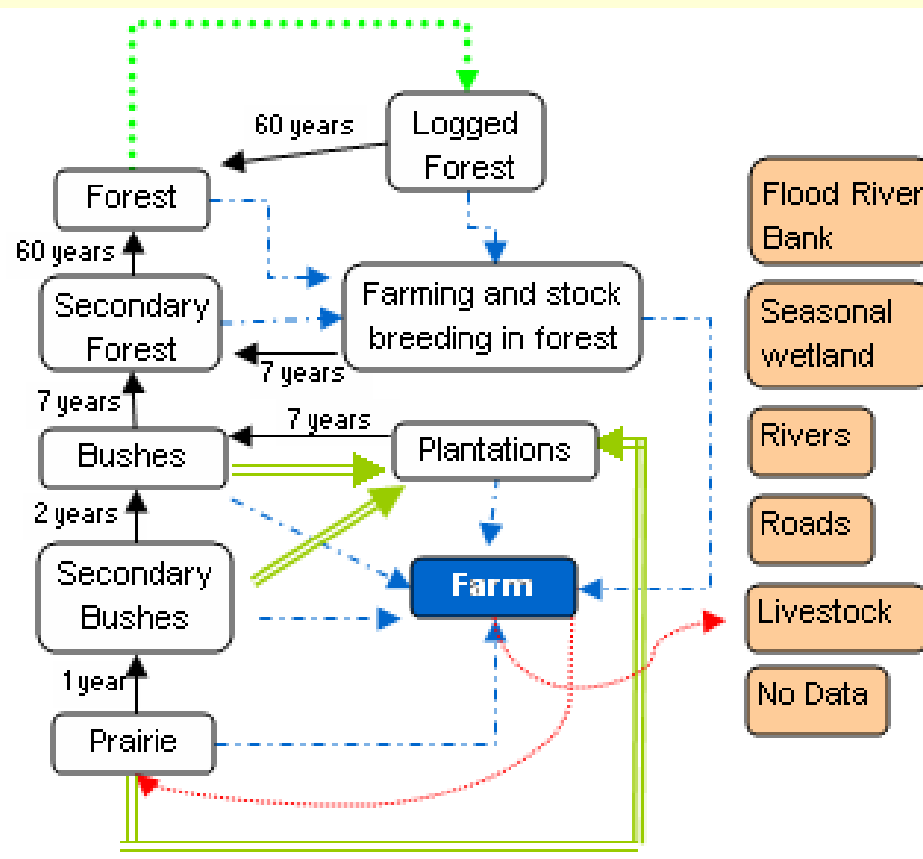
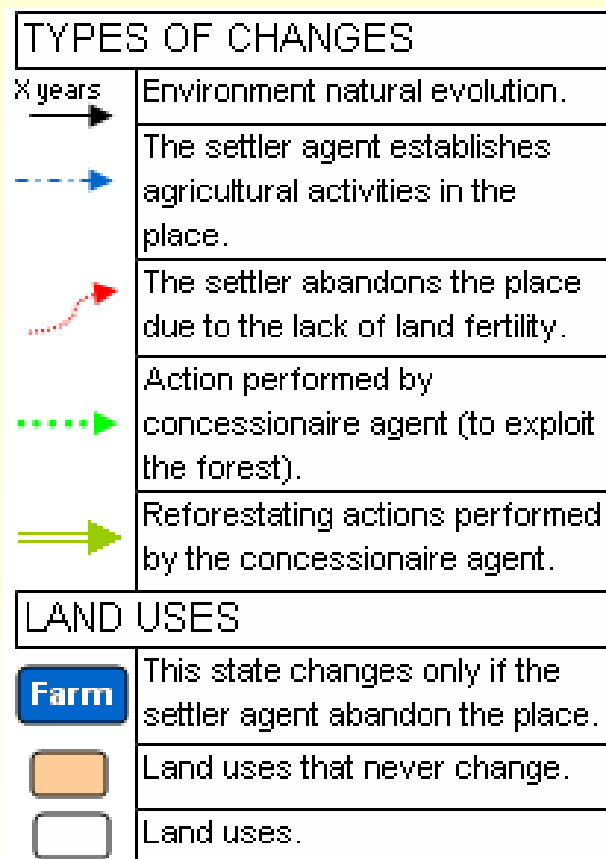
Establishment at the CFR
Cleaning the Area
Farming / Agricultural Activities
Moving

Government Agent

Monitoring of the Concessionaire Performance
Monitoring of Settlements
Watching Activities



Environmental Changes due to agents' actions



The model

Representation of simplified dynamics of the human actions that affect the land use system.

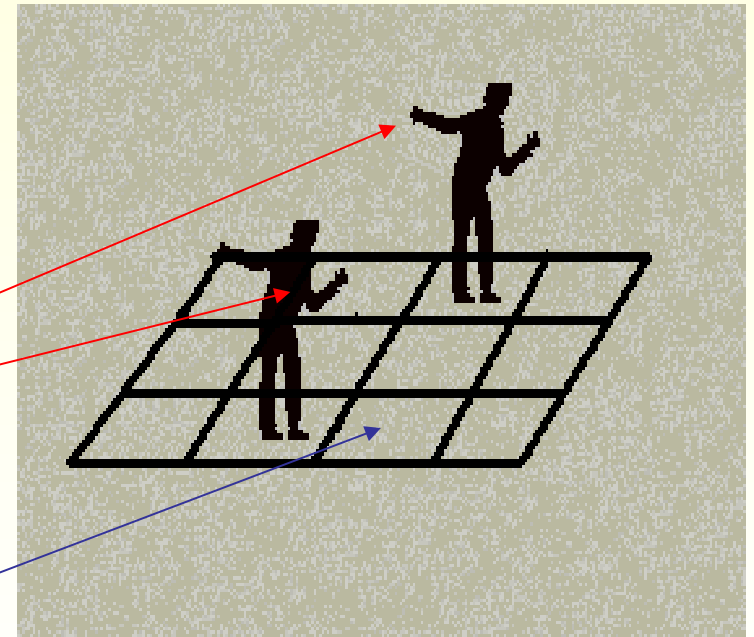
The agents are modelled and codified with simulation platform **Galatea** using simple rules for their goals and preferences.

Rules are described with logic language **Actilog**

The space is modelled as cellular automata representing a simplified dynamics of the land use system. It is implemented by means of the **SpaSim** library.

Agents

Cellular Automata



Examples of Scenarios

Three different scenarios,
depending on the Government Agent's behaviour

Pro-Forestry

The Government does not allow settlements at CFR.

The concessionaire agent informs the government of the settlements on its exploitation area. Then, the settlers are expelled from the CFR by the Government.

Hands-Off

The Government never interferes with the activities of other agents.

The concessionaire agent never informs the Government about settlements on its exploitation area.
If the concessionaire finds a settler, the company will continue at another unoccupied cell, avoiding to meet that settler.

Agro-Forestry

There is a special area designed for agricultural settlements called the "Disengaged Area".

The concessionaire agent informs the government about the settlements on its exploitation area. Then, the Government relocates the settlers at the "Disengaged Area".



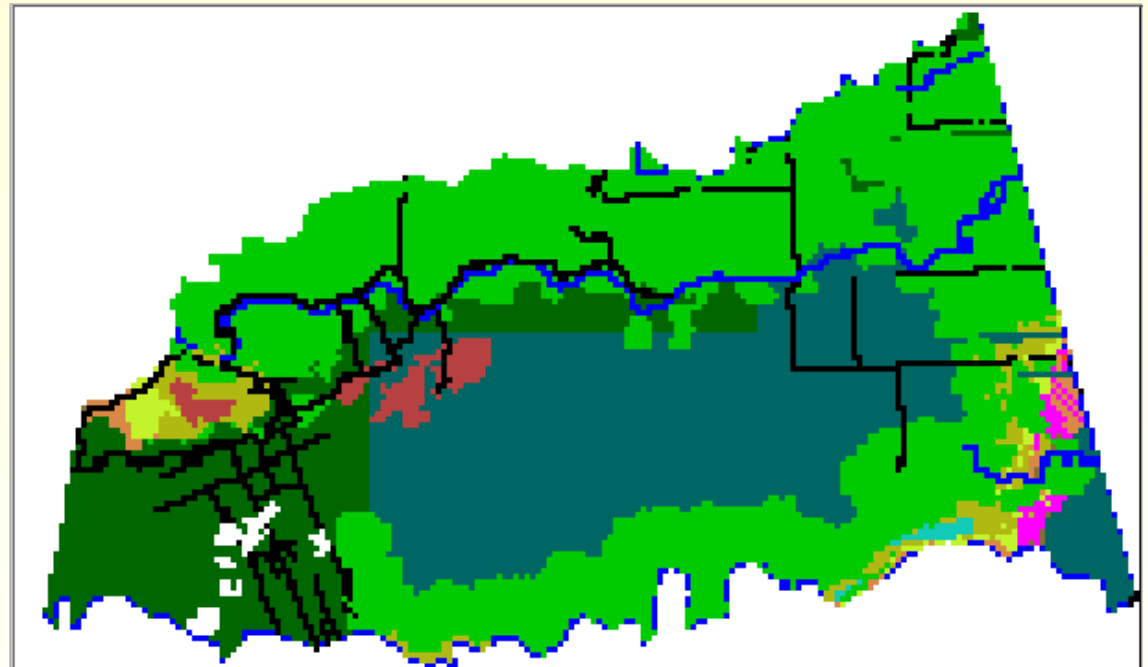
Pro-Forestry Model Results

The settlers try to settle on the reserve

Forest remains on the edges because of the rigid strategy of the Government agent, that does not allow settlements

The areas left by the settlers change to “Secondary Forest”.

60 years are not enough to achieve a total regeneration of the zone.

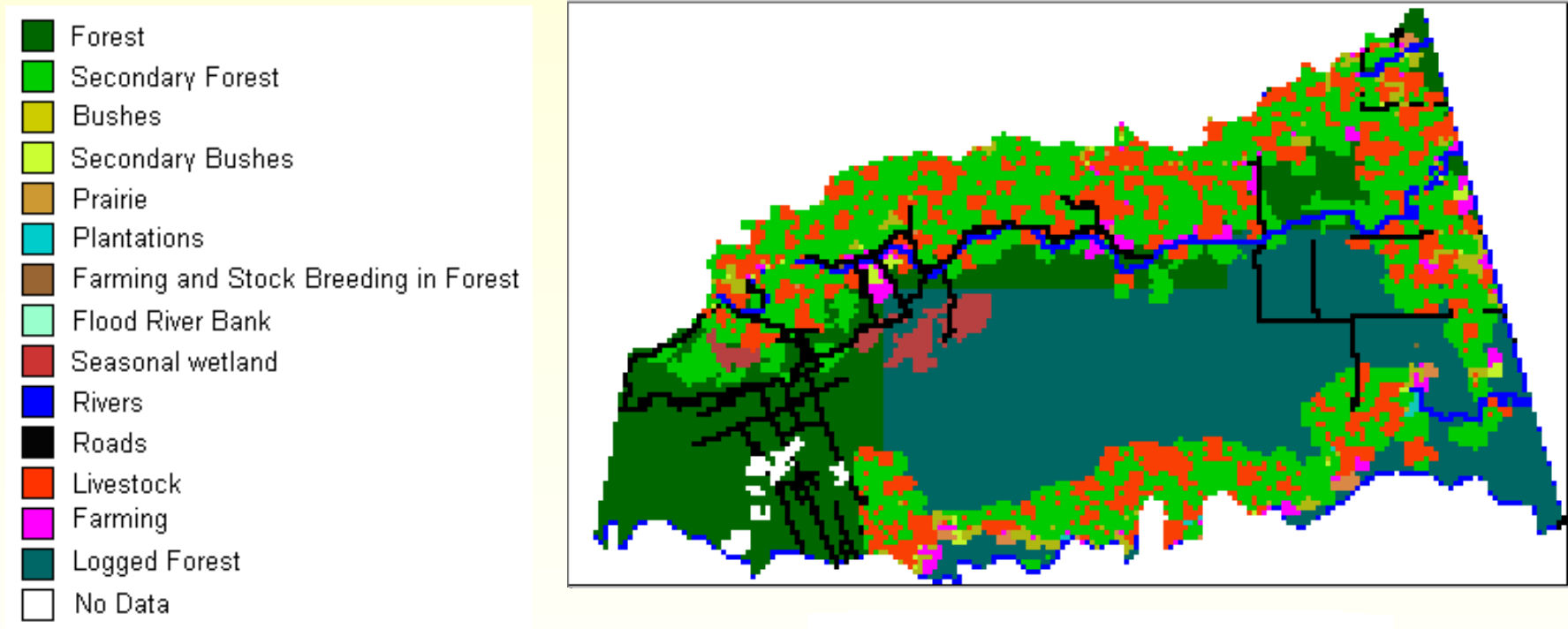


Simulation time: 65 years

Hands-Off Model Results

The cattle ranch activities substitutes the agricultural ones. It means that the settlers would be displaced by landlords (not included in this version of the model). In such a case, cattle ranch advancement would be faster thanks to landlords' expansion processes.

Again, 65 years are not enough to regenerate the area of the CFR.



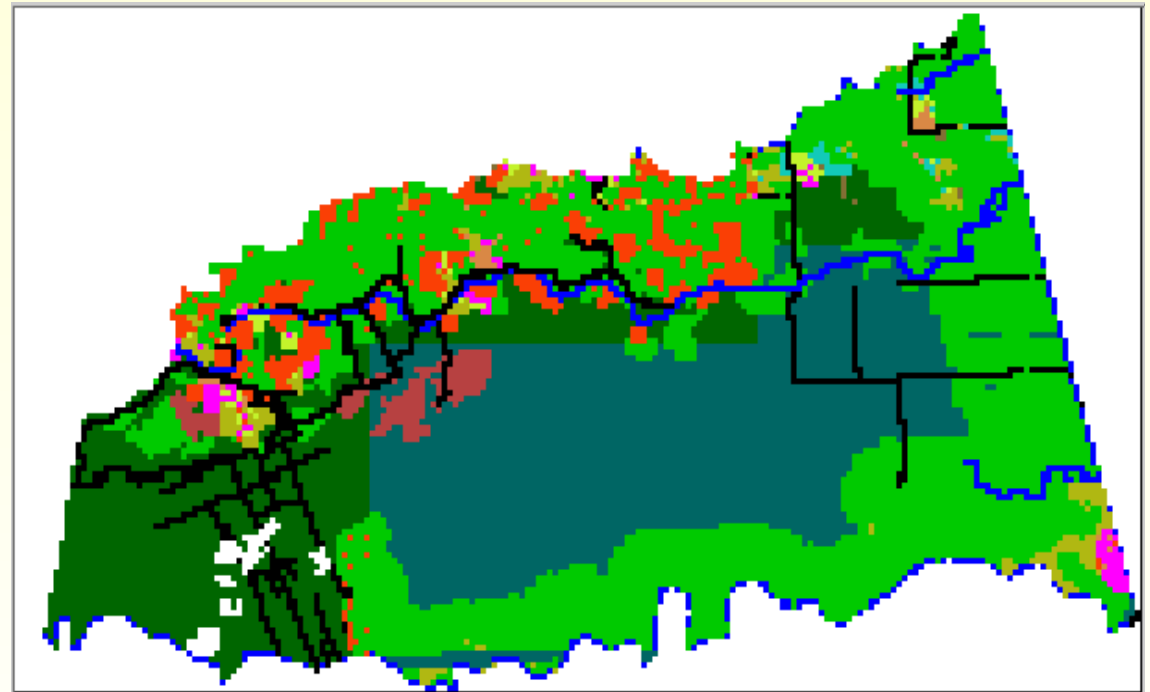
Simulation time: 65 years

Agro-Forestry Model Results

The areas left by the settlers evolve first to “Secondary Forest”.

65 years are not enough to achieve a total regeneration of the zone.

The evolution in the “Disengaged Area” is similar to the one at the Hands-Off Model and the evolution of the rest is similar to the Pro-Forestry Model, but through relocating of the settlers instead of their expulsion



Simulation time: 65 years



Future Work

Continuation with the development of the GALATEA simulation platform.

Meta-Models ready to use

Agents that learn

Applications

<http://galatea.sourceforge.net>



¿Preguntas?

Gracias!

ACTILOG in a Nutshell

ACTILOG is a language to write generalized **condition → action** activation rules. In this language, the implications (conditional goals) can be used to state integrity constraints for an agent. These integrity constraints describe conditions under which the agent's goals must be reduced to plans that can be executed.

For instance, a rule such as <if A then B>, will indicate to the agent that whenever it can prove that A is the case, it then should pursue goal B. B is normally the description of a task that must be reduced to a set of low-level, primitive actions that the agent can execute.



GALATEA Simulation Platform

The GALATEA simulation platform integrates the concepts and tools that allow simulating systems under distributed, interactive, continuous, discrete and combined focuses. Also, this platform incorporates support for modelling and simulation of multi-agents systems.

The simulation platform GALATEA consists of:

A family of languages to model systems multi-agents,

A simulator

A compiler still under construction, to translate model from the higher level languages offered to the modelers, into Java, the basic language of the simulator.

A framework for the construction of models and simulation.



SpaSim

SpaSim is a software package that allows the specification, simulation, visualization and analysis of spatial models in the same environment, using a friendly user interface while at the same time providing considerable flexibility. Square cells were used for the cellular automata to keep compatibility with raster GIS systems in use.

In addition, the software package integrates simulation techniques (like cellular automata), spatial analysis, spatio-temporal analysis, and maps visualization.

<http://cesimo.ing.ula.ve/INVESTIGACION/PROYECTOS/SpaSim>

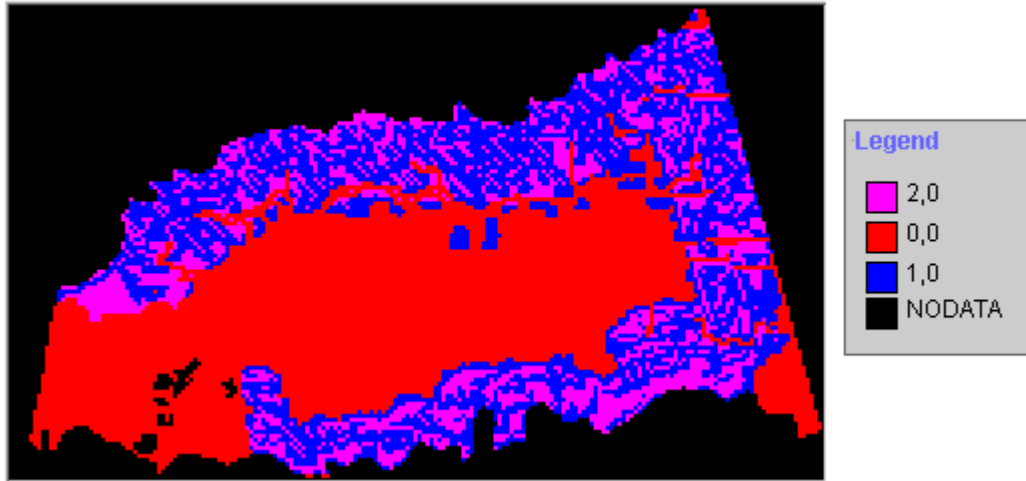


CESIMO



TOY 13 o Modelo Forestal

Cuántas veces se tuvieron colonos en las celdas



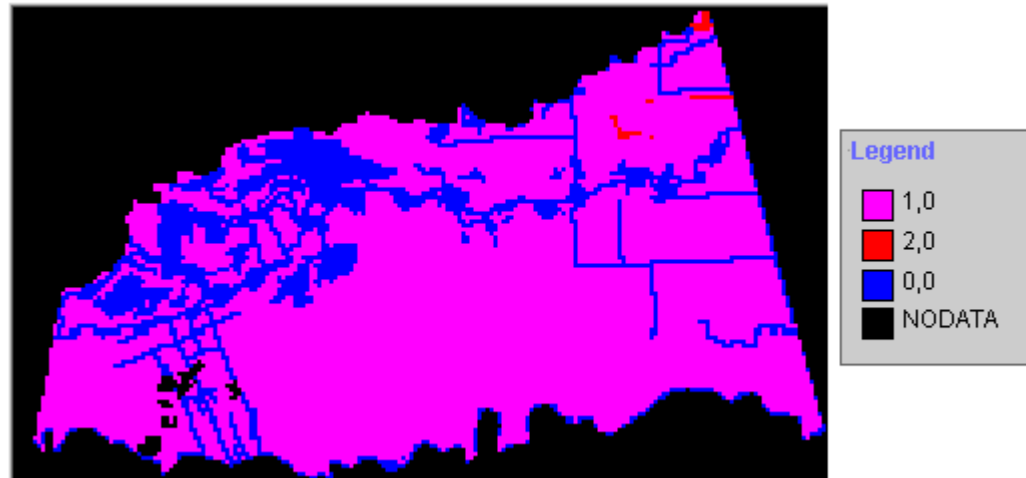
En todos los modelos se incorporó una función de pesos que marcaba un patrón para las invasiones, ya que se daba preferencia a aquellos lugares cercanos a los bordes, a los ríos, con determinadas coberturas (como plantaciones, sabanas...), y que además consideraba que aquellas zonas que anteriormente hubiesen sido pobladas serían menos fértiles que aquellas que no hubiesen sido invadidas previamente.

En este dibujo se evidencia el comportamiento de invasiones de los colonos, siempre buscando las zonas cercanas a los bordes, ríos, plantaciones, etc. Además de que en la simulación nunca se llegó a invadir un lugar más de dos veces, lo que cuadra perfectamente con la pérdida de fertilidad que se incorporó en la función anteriormente descrita.



TOY 13 o Modelo forestal.

Cuántas veces se tuvo “Bosque”



Entiéndase Bosque no como bosque primario sino como el estado clímax de un bosque, o la etapa final de la evolución de la cobertura vegetal considerada en nuestros modelos. Es un bosque apto para la explotación maderera, ya que las especies madereras de alto valor comercial ya deben de haberse hecho presentes en esta etapa y deben estar en un diámetro que sea considerado apto para su explotación. Es de hacer notar que las especies madereras de alto valor comercial en Caparo se presentan luego de que otras especies, como las llamadas “pioneras” les han preparado el terreno para su implantación.

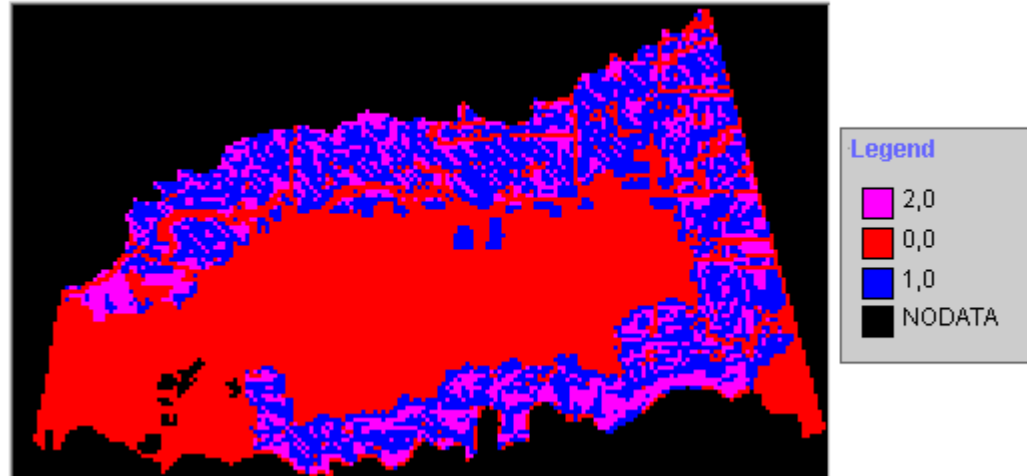
Lo que se quiso presentar en esta gráfica fue que a pesar de haber considerado mas de 60 años en la simulación (tiempo requerido para que un bosque intervenido se transforme en un bosque clímax) escasamente se obtiene regeneración de la masa forestal. En los modelos de explotación implementados en Caparo se consideraba que en un lapso de 30 años la reserva podría estar apta para un nuevo ciclo de explotación.

Se simularon 65 años y no 60, debido a que observamos que las primeras regeneraciones se llevaban a cabo luego de 62 años Y quisimos poder mostrar en alguna parte que eso era mas de lo que había sido considerado.



TOY 13 o Modelo forestal.

Cuántas veces se tuvo “Uso Agrícola”

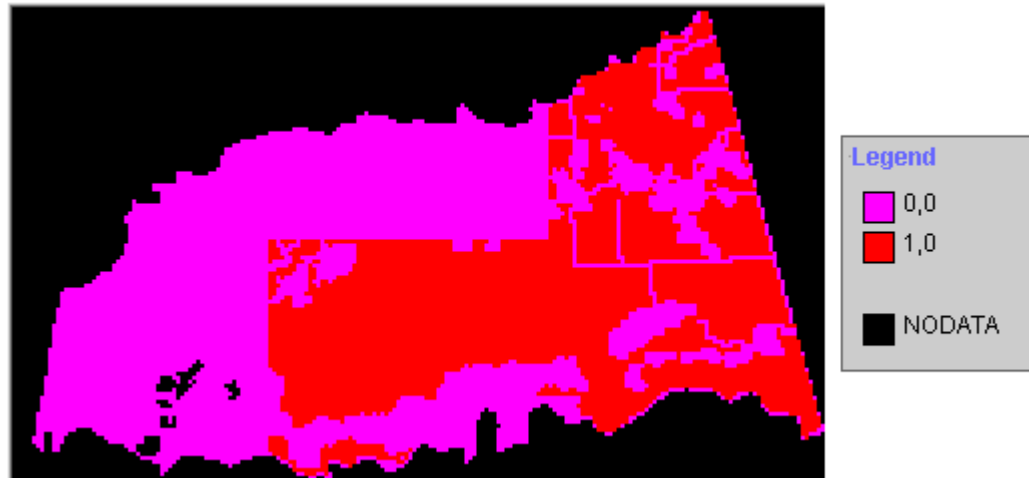


Esta gráfica cuadra exactamente con la cantidad de veces que cada una de las celdas estuvo poblada por colonos, pues para que aparezca el uso agrícola en una celda es obligatorio que la misma celda sea invadida por un colono.

Por lo tanto, es lógico el que se obtenga el mismo comportamiento y el que no se presente este uso en mas de dos ocasiones en una celda, ya que la perdida de fertilidad implementada reducirá el atractivo para las invasiones.

TOY 13 o Modelo Forestal

Cuántas veces se tuvo “Bosque
Intervenido”



Debido a que los tiempos de explotación se adaptaron mejor a la tasa real de crecimiento de la masa forestal, en los 65 años que se simuló, no se presenta el chance para que la concesionaria pueda volver a explotar en la zona ya explotadas inicialmente.

Ello debido a que al agente concesionaria implementado no se le permitió la explotación en zonas de bosque secundario o de bosque intervenido Solamente podía explotar zonas de “bosque” (clímax).

La concesionaria debía trabajar en 20 compartimientos, supuestamente un estimado de un compartimiento por año. Pero en realidad, los compartimientos eran mucho mas ricos de lo que se esperaba, por lo que el promedio resulto ser de 0,58 compartimientos anuales.

Por ende, nos fijamos una tasa de avance de la concesionaria en función a hectáreas explotadas, equivalente a 1200 hectáreas. Ello nos dio como resultado que la concesionaria termino la explotación de la concesionaria entre los 30 y los 40 años, el lapso dependería del grado de intervención de los colonos. Mientras mas invasiones, mas rápido se termina el periodo de la concesionaria en la reserva. Si el estado es mas rígido, entonces la concesionaria podrá explotar durante mas tiempo, lo que favorecerá la evolución del bosque, aunque sin embargo, jamás se lleva a cabo una regeneración a “bosque” mientras la concesionaria esta operando.



TOY 13 o Modelo forestal.

Cuántas veces hubo ganadería



El agente terrateniente no fue implementado como tal. Lo único que se tiene es una función que hace que cuando un colono abandona su celda debido a problemas de fertilidad, en el 30 por ciento de los casos, el uso de la tierra se cambiara a “ganadería”, y se indicara que la celda esta poblada (en la capa del autómata que indica la población). En el otro 70 por ciento de los casos, la celda pasara a ser sabana y será sujeta a nuevas invasiones y / o podrá seguir su evolución natural.

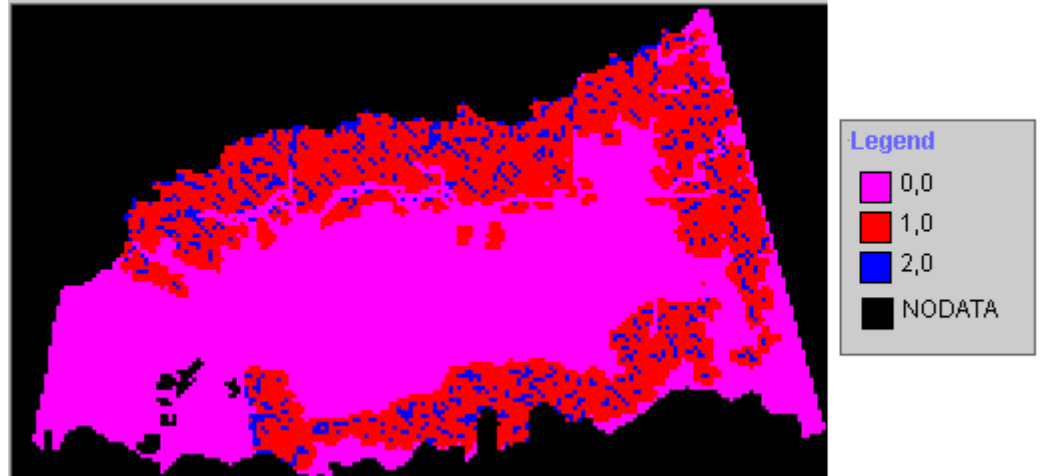
Por tanto, es lógico que no aparezca mas de una vez en una misma celda el valor de “ganadería” ya que se supone que es un estado absorbente la única manera en que cambie es si el estado decide “desalojar a los terratenientes”, en cuyo caso, la celda vuelve a iniciar su evolución desde sabana.

Era importante implementar de alguna manera la aparición del uso “ganadería” ya que en otros modelos con otra conducta del estado, la ganadería será el uso dominante al final de la simulación. Por ello, a pesar de no tener un “agente terrateniente” como tal, decidimos colocarlo como un “uso de la tierra”.



TOY 14 o Modelo Hands-Off

Cuántas veces se tuvieron colonos en las celdas



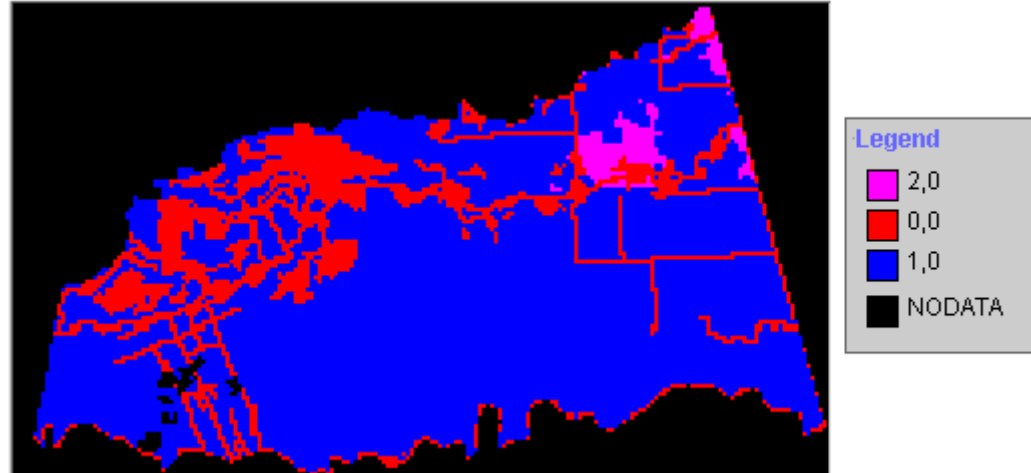
En este modelo tambien se evidencia que los colonos se estan guiando por la funcion que hace mas atractivas aquellas zonas cercanas a bordes, ríos y que son mas fertiles...

Por ello, tampoco se presenta una celda que haya sido poblada mas de dos veces.



TOY 14 o Modelo Hands-Off

Cuántas veces se tuvo bosque primario



En este modelo la regeneración del bosque clímax también se llevo a cabo luego de transcurridos los primeros 62 años, lo que hace que la concesionaria no haya podido explotar las zonas inicialmente invadidas.

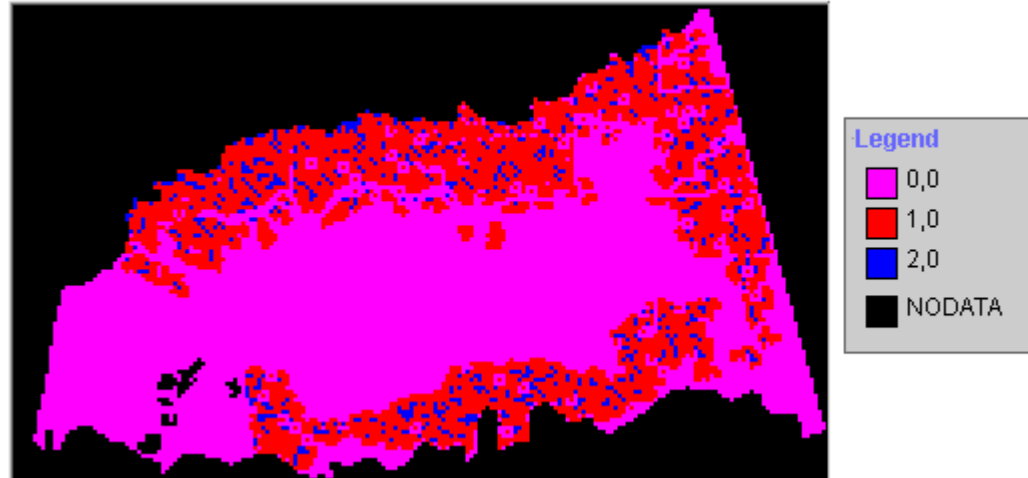
El tiempo del ciclo de la concesionaria en la reserva fue menor al obtenido en las mismas circunstancias para el modelo forestal, debido a que en este caso había mas libertad para las invasiones, por ende menos zonas aptas para la explotación maderera.

Si se toma en cuenta que la cuota de explotación anual era la misma que en el modelo forestal, es fácil suponer que el área de bosque en este modelo se consume a una velocidad mayor que en el modelo anterior.



TOY 14 o Modelo Hands-Off

Cuántas veces hubo uso agrícola

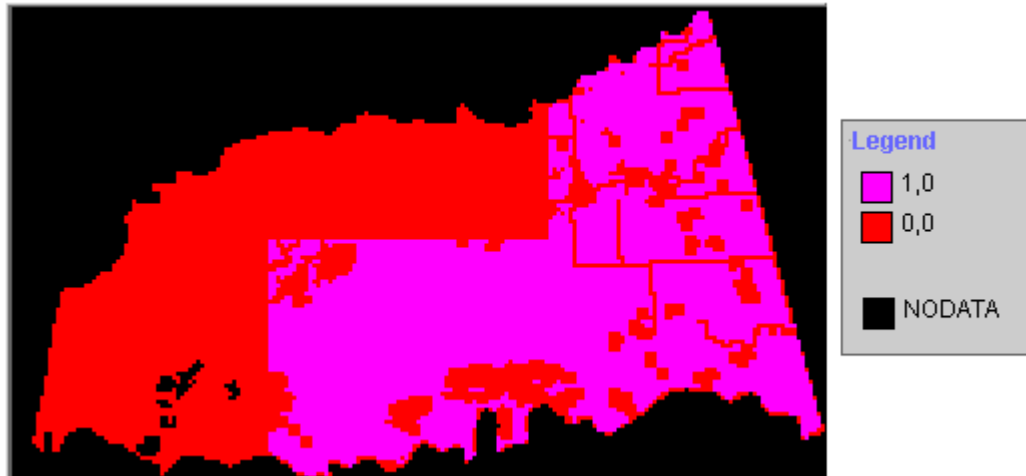


La cantidad de veces que hubo uso agrícola coincide con la cantidad de veces que una celda fue invadida debido a las mismas razones expuestas para la lámina equivalente en el modelo forestal.



TOY 14 o Modelo Hands-Off

Cuántas veces hubo bosque intervenido



No fue posible el llegar a intervenir las celdas mas de una vez.

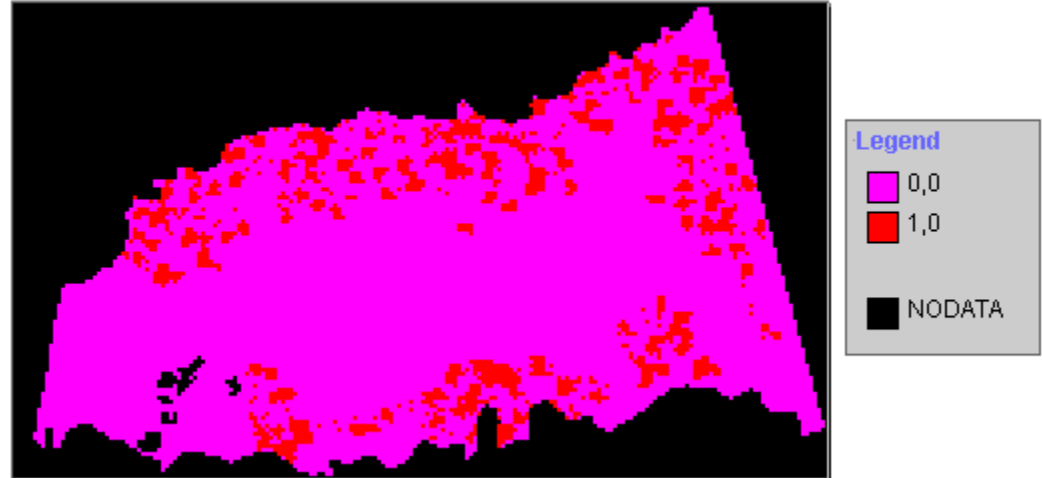
El ciclo de explotación de la concesionaria es menor que el tiempo en el modelo forestal, ya que no existía estado alguno que sacara a los colonos de las zonas invadidas, por ende, la concesionaria simplemente ignoraba a los colonos y avanzaba en su explotación en los sitios aledaños que no estaban invadidos.

Los colonos tenían mayor chance de permanecer en una misma zona por mas tiempo (mientras se llevaba a cabo el proceso de perdida de fertilidad) y además podían expandir sus fundos, sin temor a que nadie les desalojara.



TOY 14 o Modelo Hands-Off

Cuántas veces hubo ganadería



En este modelo el avance de la ganadería es mayor, debido a que es un estado absorbente... No existe ningún agente estado que pueda sacar a los terratenientes de las zonas obtenidas por estos.

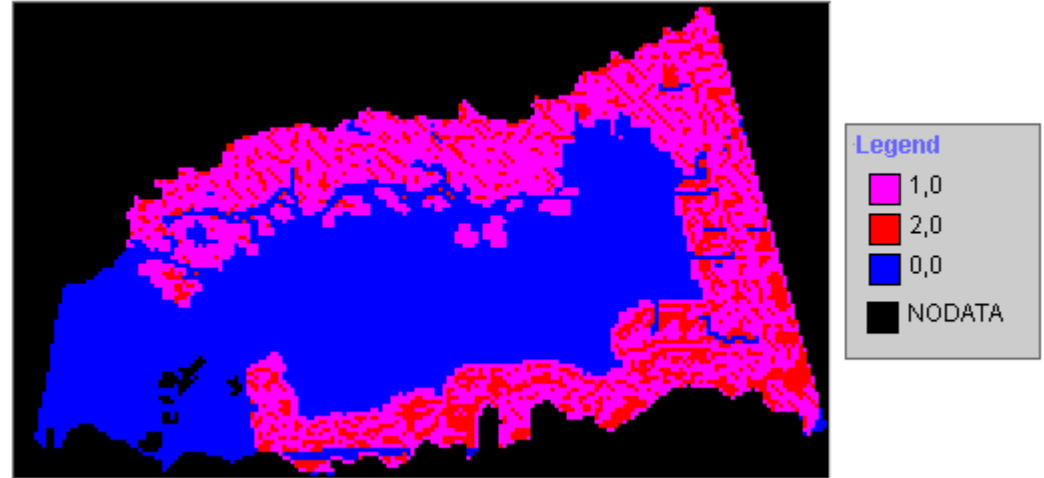
Es de hacer notar que si los terratenientes hubiesen sido implementados como unos agentes, con capacidad de expansión, de comprar otros fundos, etc... Se obtendría que toda la reserva es convertida en una zona para actividades ganaderas.

También es importante hacer notar que el porcentaje de implementación de la ganadería (30 por ciento) es algo completamente arbitrario, ya que todavía no han sido implementados los valores del censo en la zona.



TOY 15 o Modelo Agroforestal

Cuántas veces se tuvieron colonos en las celdas

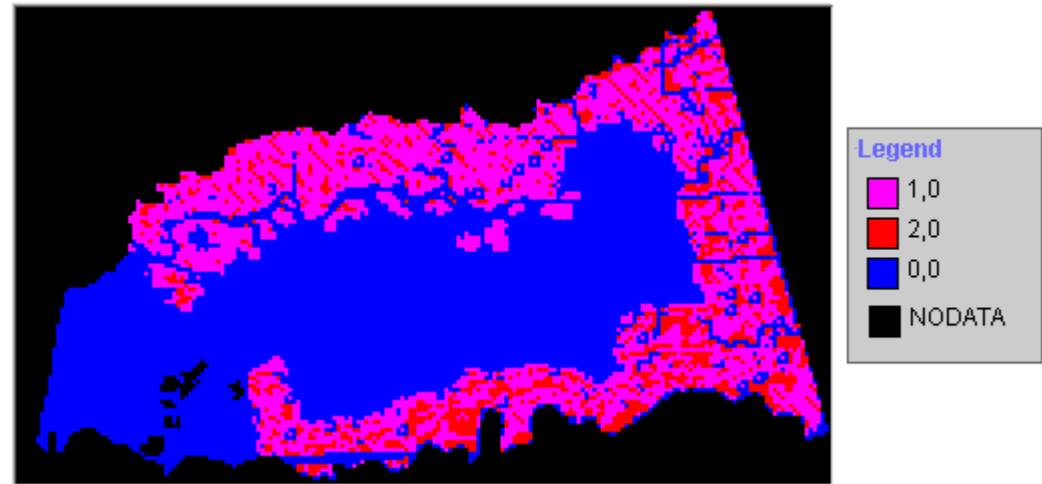


La zona superior izquierda es la zona destinada para las actividades agrícolas, por ello en esa zona no se llevaban a cabo desalojos, y los colonos tendían a permanecer en esa zona, expandirse, etc. ... En el resto de la reserva, se debían llevar a cabo solo actividades forestales, por ende se llevaban a cabo reubicaciones de colonos, lo que hace que en esas celdas se hayan presentado con mas frecuencia los casos en que una misma celda haya sido poblada dos veces.

Los atractivos de las zonas para invadir están guiados por la misma función descrita anteriormente, que considera bordes, ríos y fertilidad.

TOY 15 o Modelo Agroforestal

Cuántas veces hubo uso agrícola

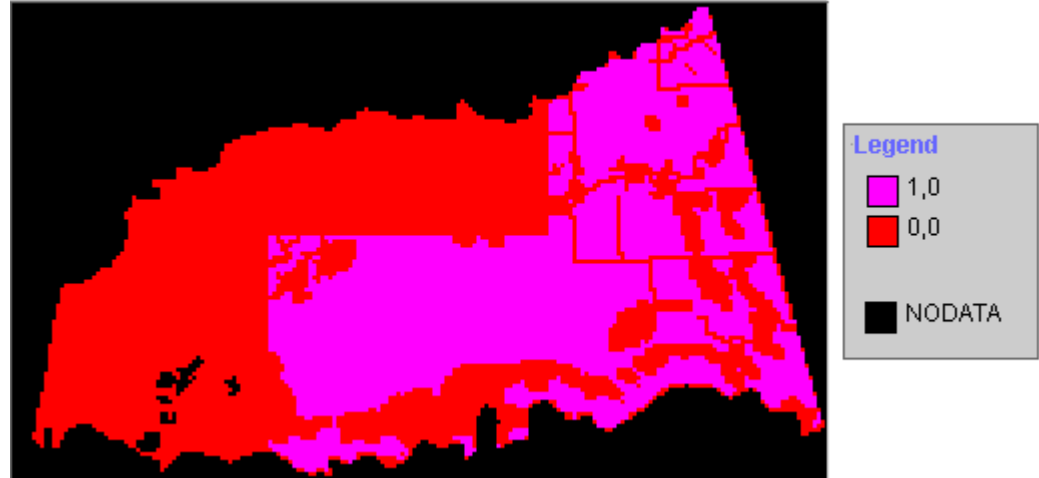


El comportamiento del uso agrícola es equivalente a las invasiones en la zona.



TOY 15 o Modelo Agroforestal

Cuántas veces hubo bosque intervenido

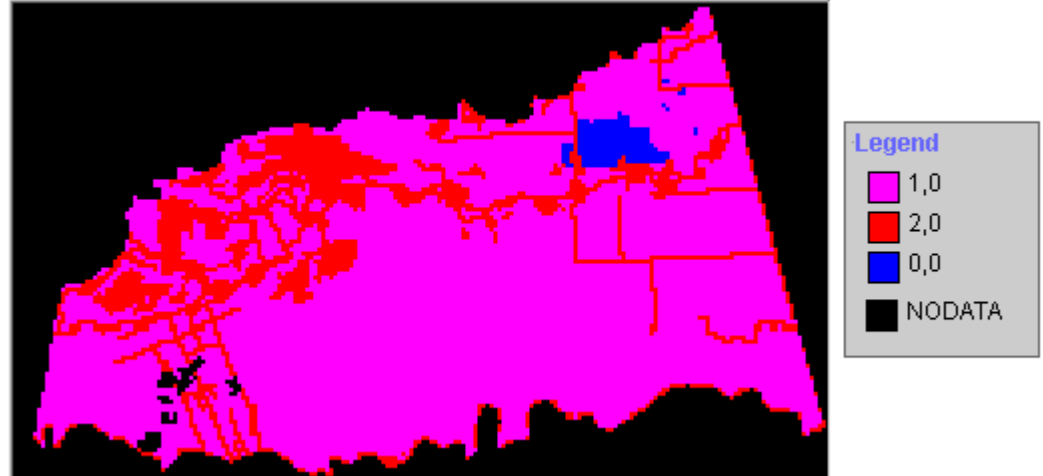


No es posible explotar una segunda vez. La zona destinada a las actividades agroforestales nunca tendrá bosque intervenido, ya que la concesionaria no actúa en esa zona.



TOY 15 o Modelo Agroforestal

Cuántas veces se tuvo bosque primario



La regeneración del bosque clímax se lleva a cabo en los mismos tiempos que en los modelos anteriores ...

La zona destinada a las actividades agroforestales siempre estuvo excluida de los compartimientos de explotación de la concesionaria, por ello el comportamiento es similar al de los modelos anteriores.



TOY 15 o Modelo Agroforestal

Cuántas veces hubo ganadería



El avance de la ganadería es mucho mayor en la zona destinada a las actividades agroforestales debido a que el estado nunca desalojaría a los terratenientes de esa zona ... Por lo que en la zona agroforestal, este modelo toy 15 tiene un comportamiento equivalente al del modelo hands off, y en el resto de la reserva, el toy 15 tiene un comportamiento similar al observado en el modelo forestal.

