

# Uso de sistemas de información geográfica como metodología regional para evaluar la probabilidad de flujo de genes y apoyar la toma de decisiones

Henry Juárez (CIP, Perú)

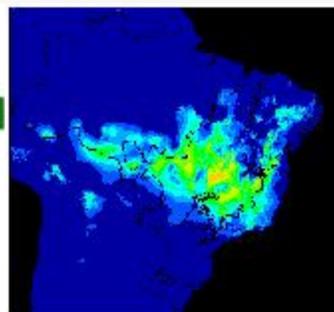
María Andrea Orjuela (Instituto Von Humbolt, Colombia)

Luisa Fory y Alicia Velasquez (CIAT, Colombia)

Freddy Sancho (Costa Rica)

Fernando Rimachi (INIA, Perú)

Marcos Neves (Embrapa, Brazil)



# Estructura de la presentación



- Generalidades del sub proyecto de GIS en LAC-Biosafety
- Resultados de los casos de estudio
- Sistema de Información Regional
- Conclusiones

LAC-Biosafety

# LAC BIOSAFETY: Sub Proyectos GIS



## COLOMBIA

- Maria Andrea Orjuela: Diseño e implementación de un sistema de información espacial que apoye la realización de evaluaciones de riesgo, el proceso de toma de decisiones y el monitoreo para OGM (**Maíz , Algodón y Yuca**)

## COSTA RICA

- Freddy Sancho: Generación y evaluación de un sistema de información geográfica para mapear áreas de plantas cultivadas, sus parientes silvestres y el posible flujo de genes entre ambas; el caso del **arroz** en Costa Rica.

## PERU

- Fernando Rimachi & Henry Juarez: Desarrollo de un protocolo de análisis espacial para apoyar la toma de decisiones sobre la hipotética liberación de organismos genéticamente modificados de **maíz y papa** en el Perú.

## BRASIL

- Marcos Neves: Study of gene flow in **Yuca** in Brazil: allowances for risk analysis

# Enfoque Regional del Área Temática GIS

DISTRIBUCION  
ACTUAL

Línea base de información en los cultivos: yuca, papa, maíz, algodón, arroz (zonas de producción actuales, distribución de especies, etc).

DISTRIBUCION  
POTENCIAL

Mapas de distribución potencial de las especies silvestres, especies nativas asociados.

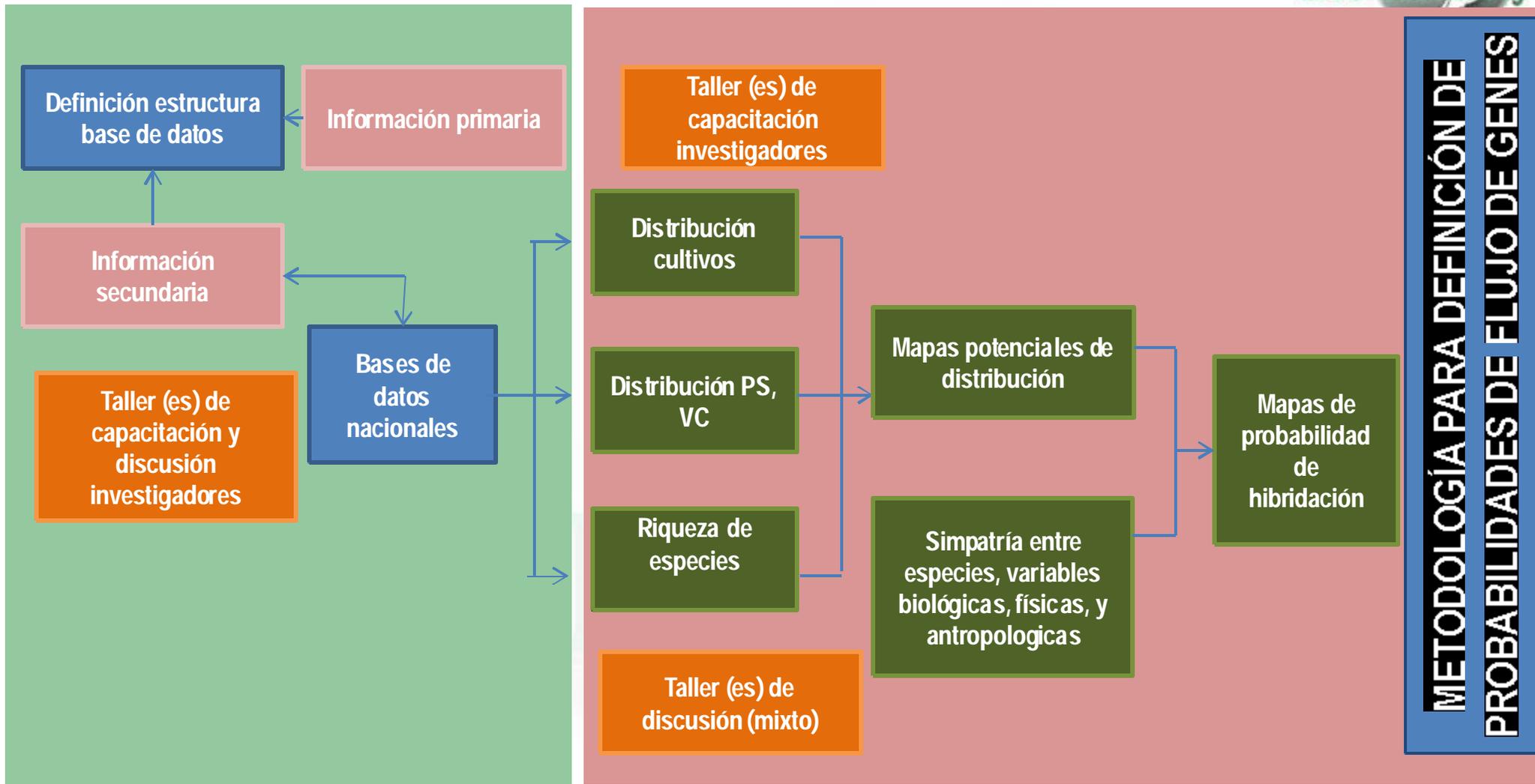
PROBABILIDAD  
DE FLUJO  
GÉNICO

Mapa de probabilidad de ocurrencia de flujo de genes (zonas potenciales de hibridación).

BASE DE DATOS  
REGIONAL

Sistema de Información Regional.

# Enfoque Regional del Área Temática GIS



## Sistema de Información Regional

Taller(es) de capacitación TD

# Estructura de la presentación



- Generalidades del sub proyecto de GIS en LAC-Biosafety
- Resultados de los casos de estudio
- Sistema de Información Regional
- Conclusiones

LAC-Biosafety

# 1. Cultivo de Yuca, Brazil

## Objetivo:

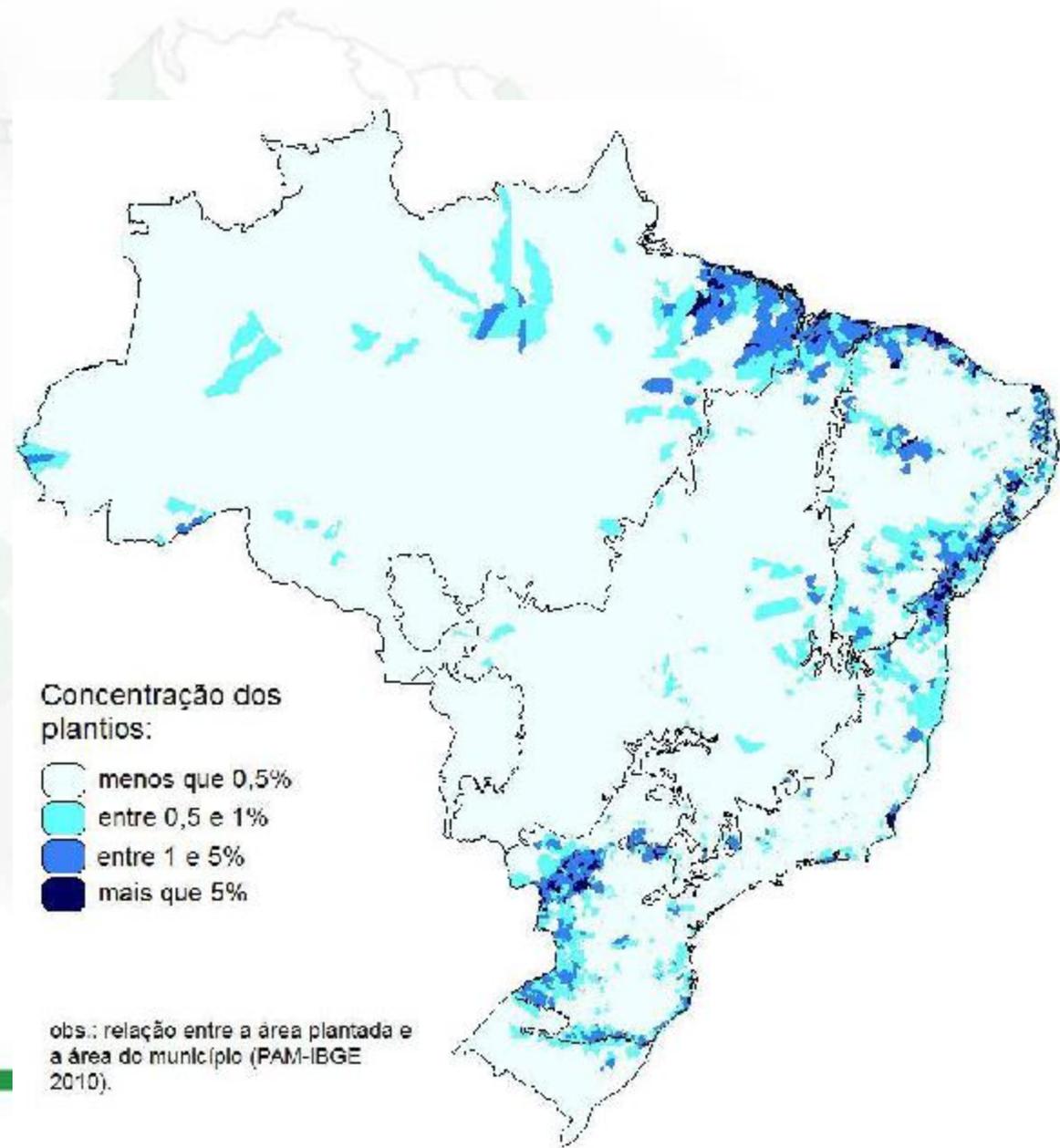
Desarrollar un sistema de información geográfica que permitiera generar mapas de diversidad y zonas potenciales de distribución de especies.

LAC-Biosafety

# 1. Cultivo de Yuca, Brazil

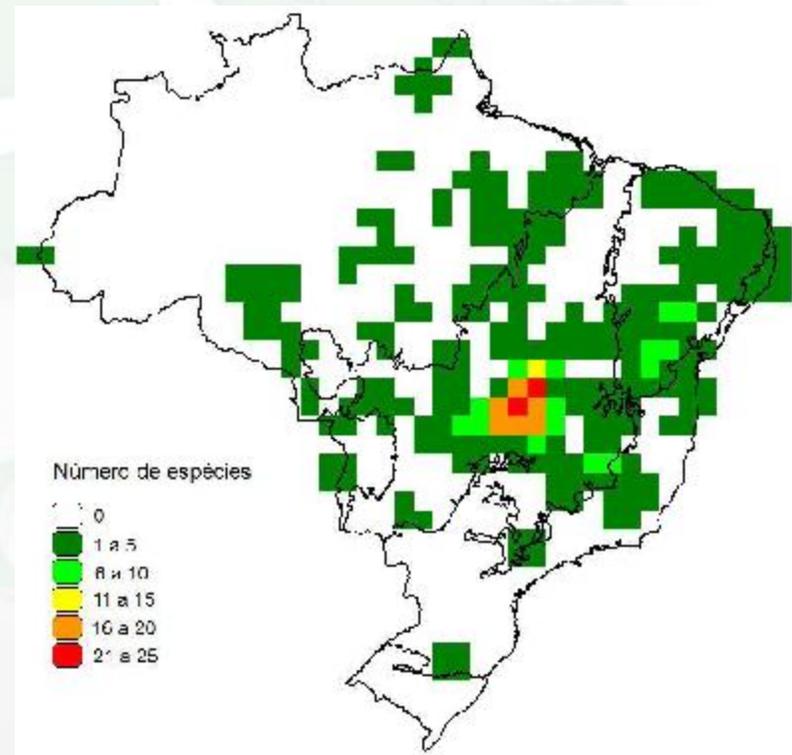
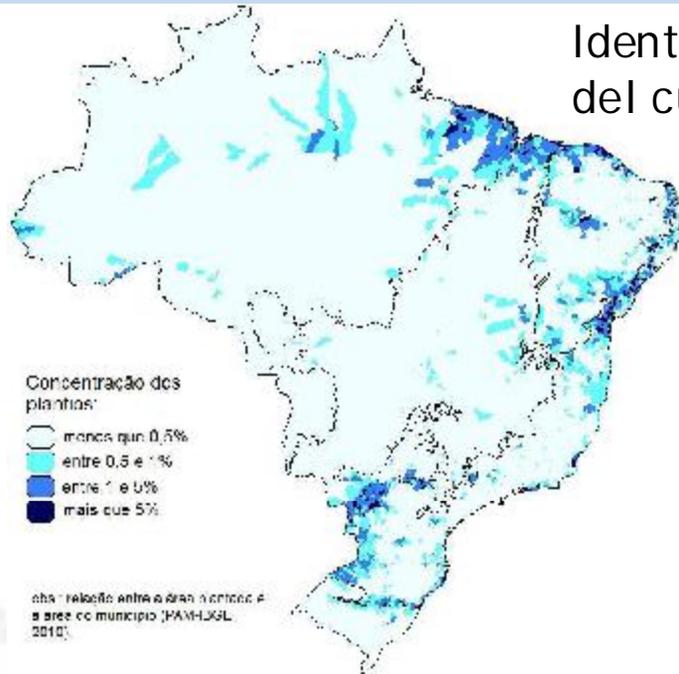


- En Brasil existen 75/98 especies del genero *Manihot* registradas.
- Área plantada (2010): 1,8 millones de hectáreas.
- Es un alimento básico.
- El país es centro de origen y diversidad de la yuca

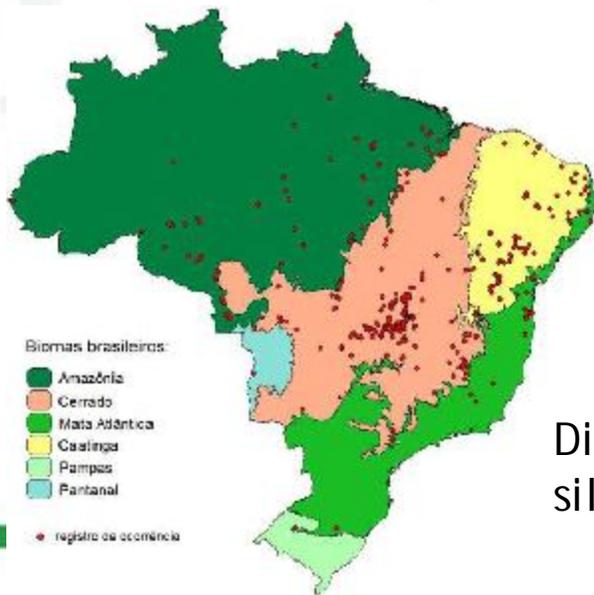


# 1. Cultivo de Yuca, Brazil

Identificación de zonas de mayor densidad del cultivo de yuca.



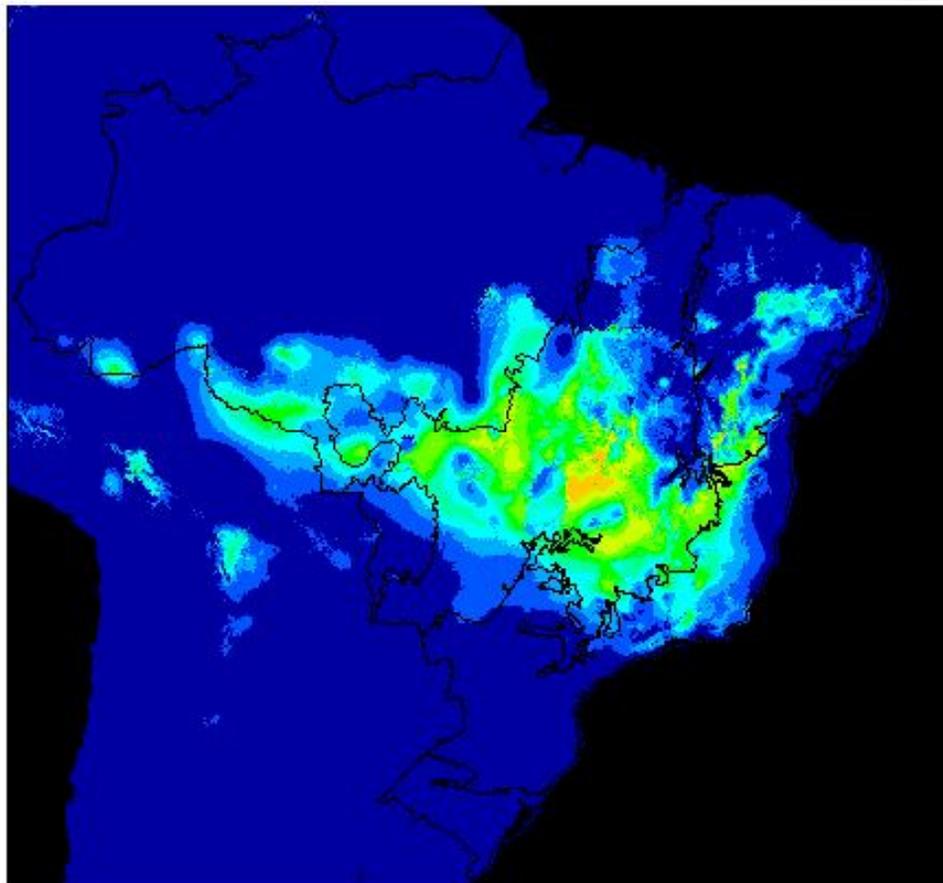
Identificación de zonas de diversidad de parientes silvestres.



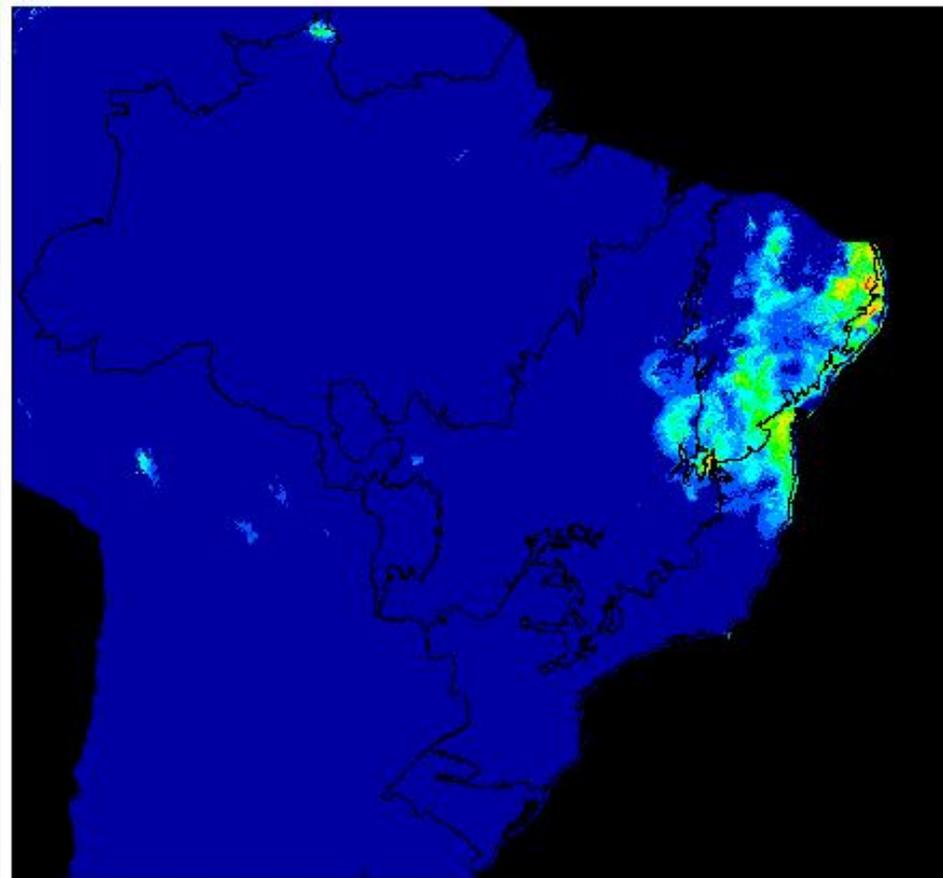
Distribución de especies silvestres.

# 1. Cultivo de Yuca, Brazil

*M. tripartita*



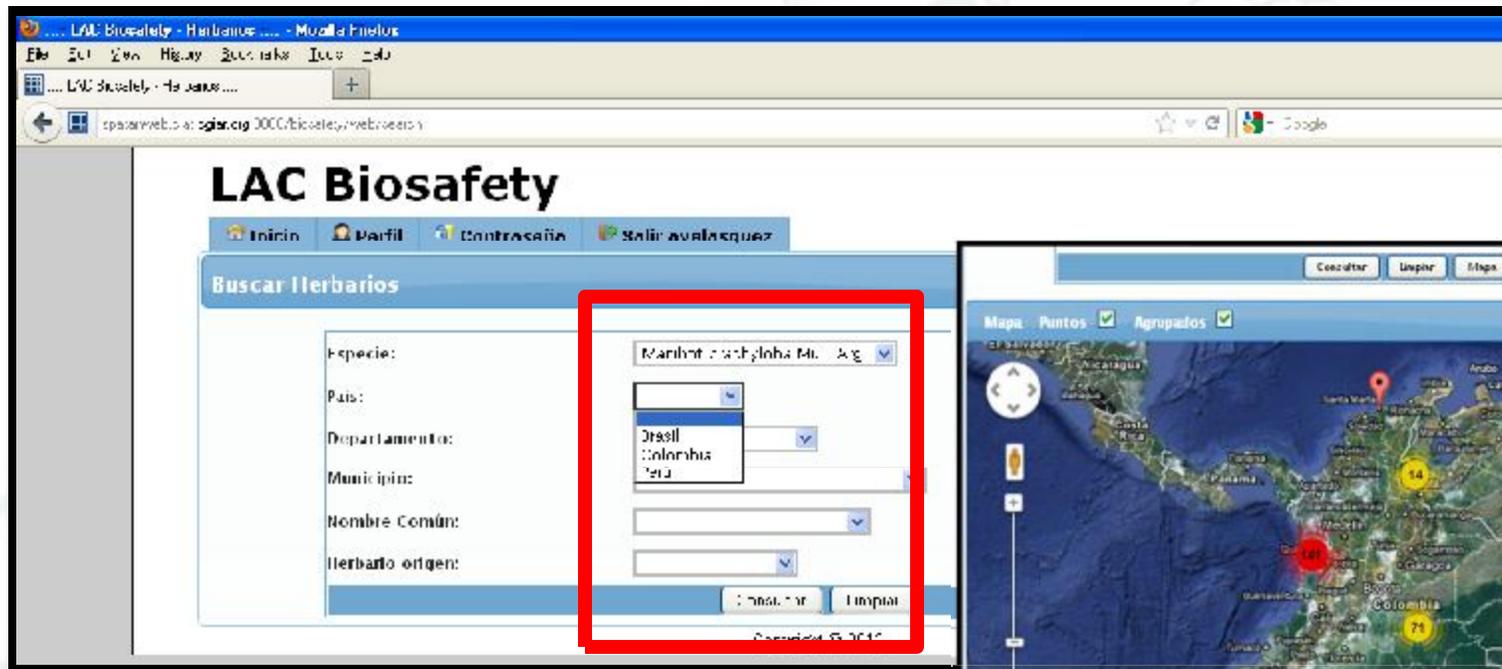
*M. epruinosa*



Distribucion potencial de especies silvestres.

# 1. Cultivo de Yuca, Colombia

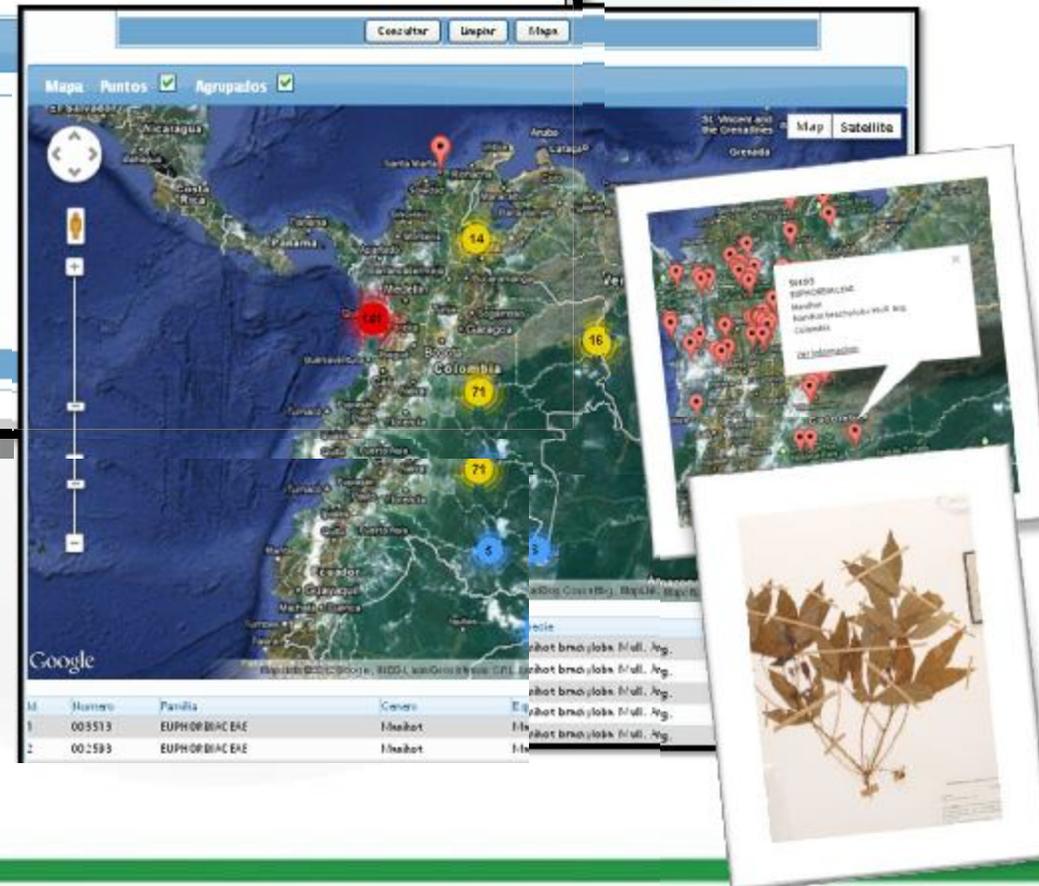
Base de Datos Interactiva de Registros de yuca para Colombia.



The screenshot shows the LAC Biosafety web interface. The search filters are as follows:

- Especie: Manihot eschizoloba M. Ag.
- Pais: Colombia
- Departamento: Cauca
- Municipio: [Empty]
- Nombre Común: [Empty]
- Herbario origen: [Empty]

Buttons for 'Consultar' and 'Imprimir' are visible at the bottom of the search form.



The screenshot shows the map view of the LAC Biosafety web interface. The map displays collection points for Manihot eschizoloba in Colombia, with a red pin indicating the location in the Cauca department. A list of records is shown below the map:

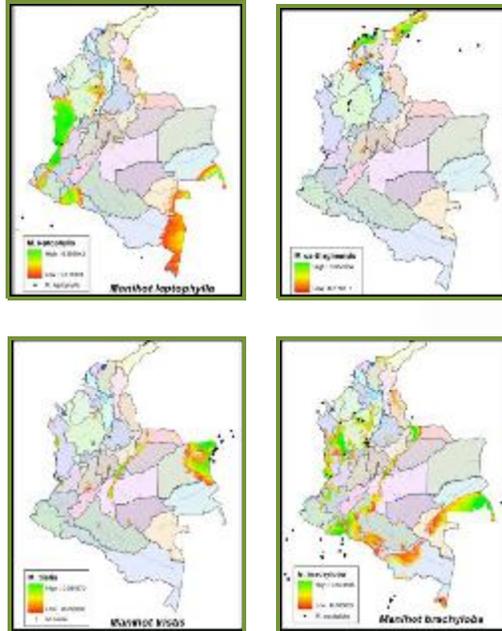
| Nº | Numero | Familia      | Genero  | Especie                    |
|----|--------|--------------|---------|----------------------------|
| 1  | 005513 | EUPHORBIAEAE | Manihot | Manihot eschizoloba M. Ag. |
| 2  | 002593 | EUPHORBIAEAE | Manihot | Manihot eschizoloba M. Ag. |

Additional elements include a search bar, 'Consultar', 'Imprimir', and 'Mapa' buttons, and a satellite view option.

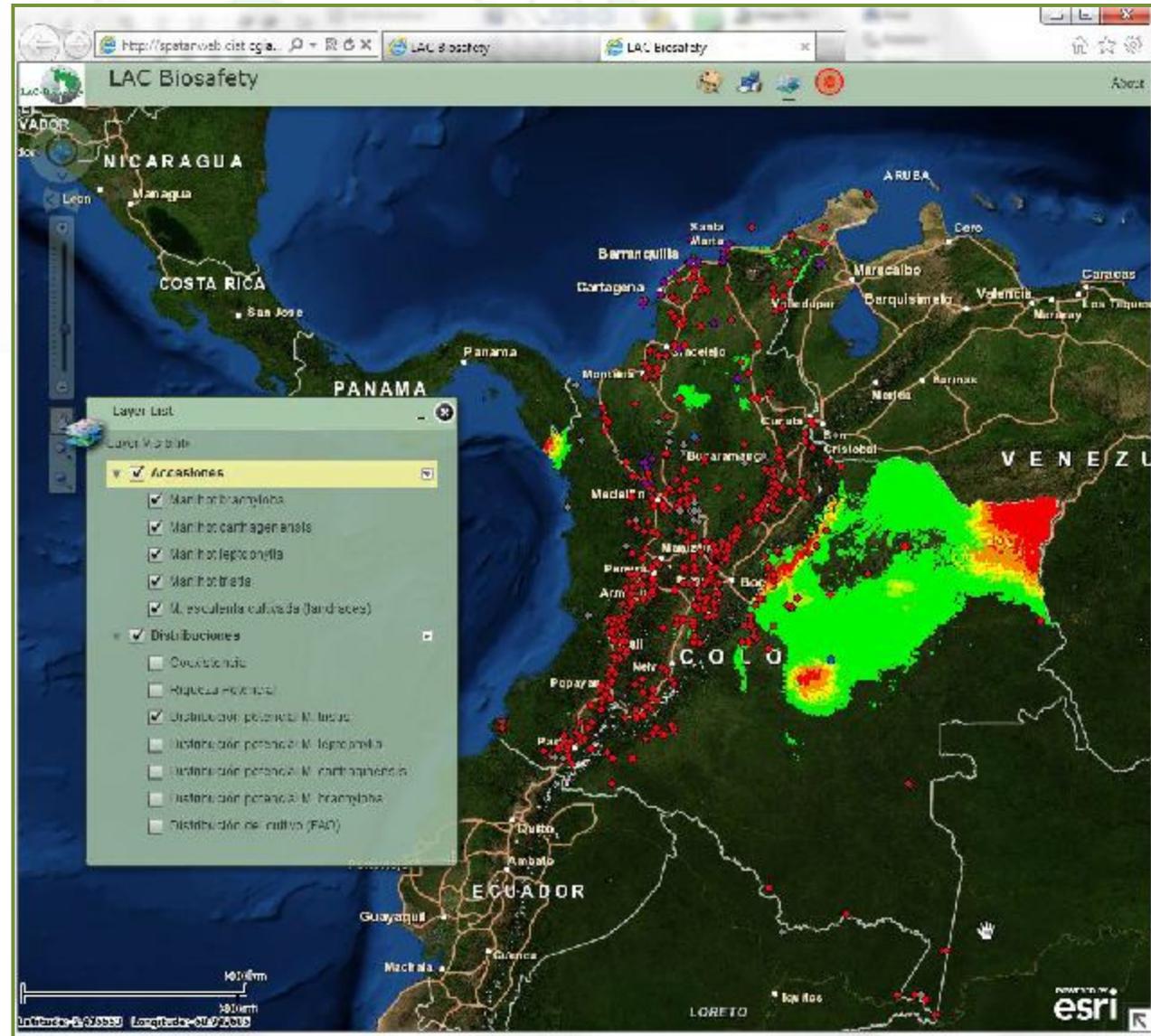
1470 registros  
405 fotos

# 1. Cultivo de Yuca, Colombia

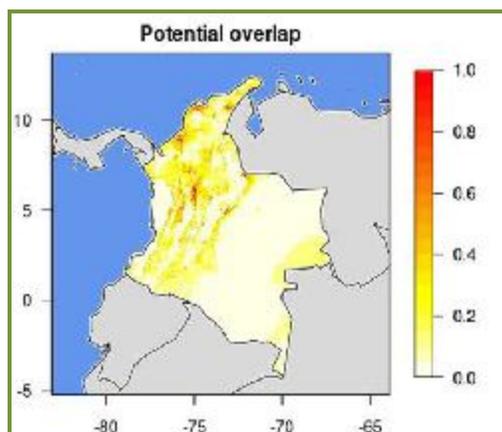
## A. Distribución potencial de especies silvestres: MAXENT



## Visualización en la WEB, mediante ESRI



## B. Coexistencia



## 2. Cultivo de Maíz, Perú



### **Objetivo:**

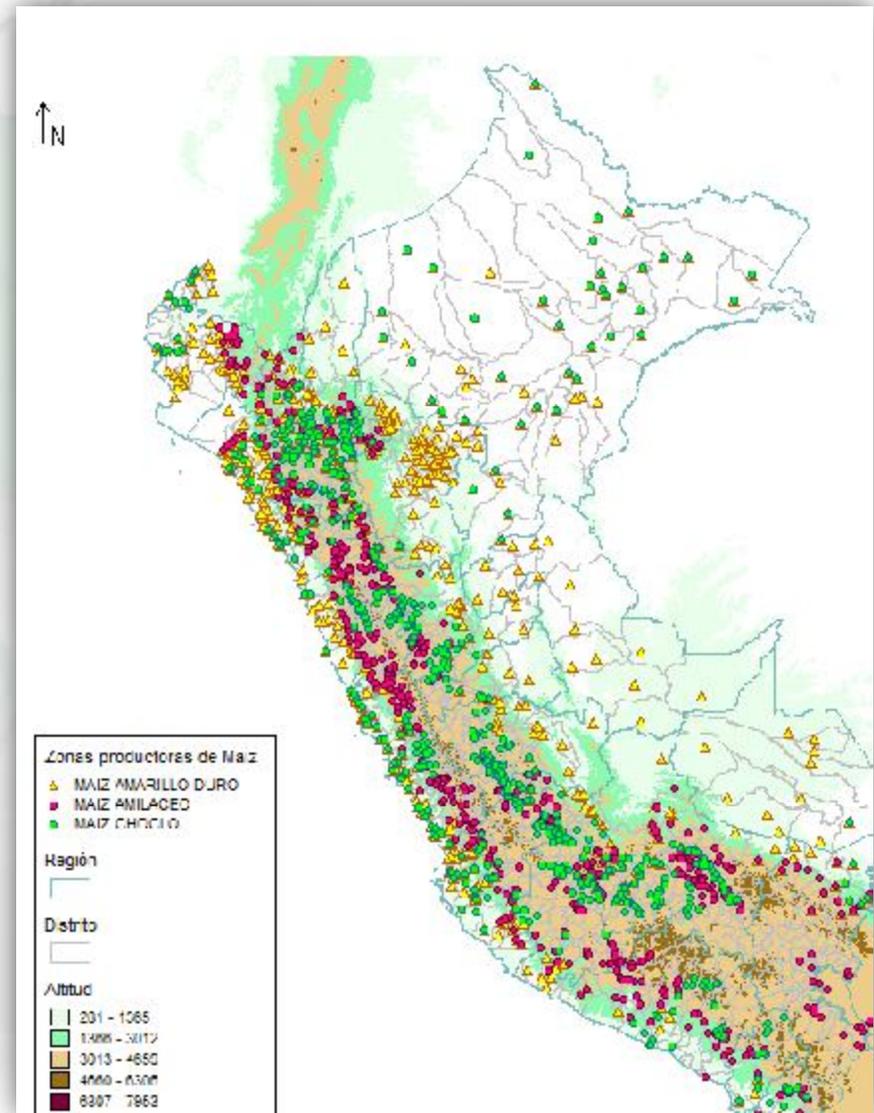
Desarrollo de un protocolo de análisis espacial para el apoyo a la toma de decisiones sobre la hipotética liberación de organismos genéticamente modificados de maíz en el Perú.



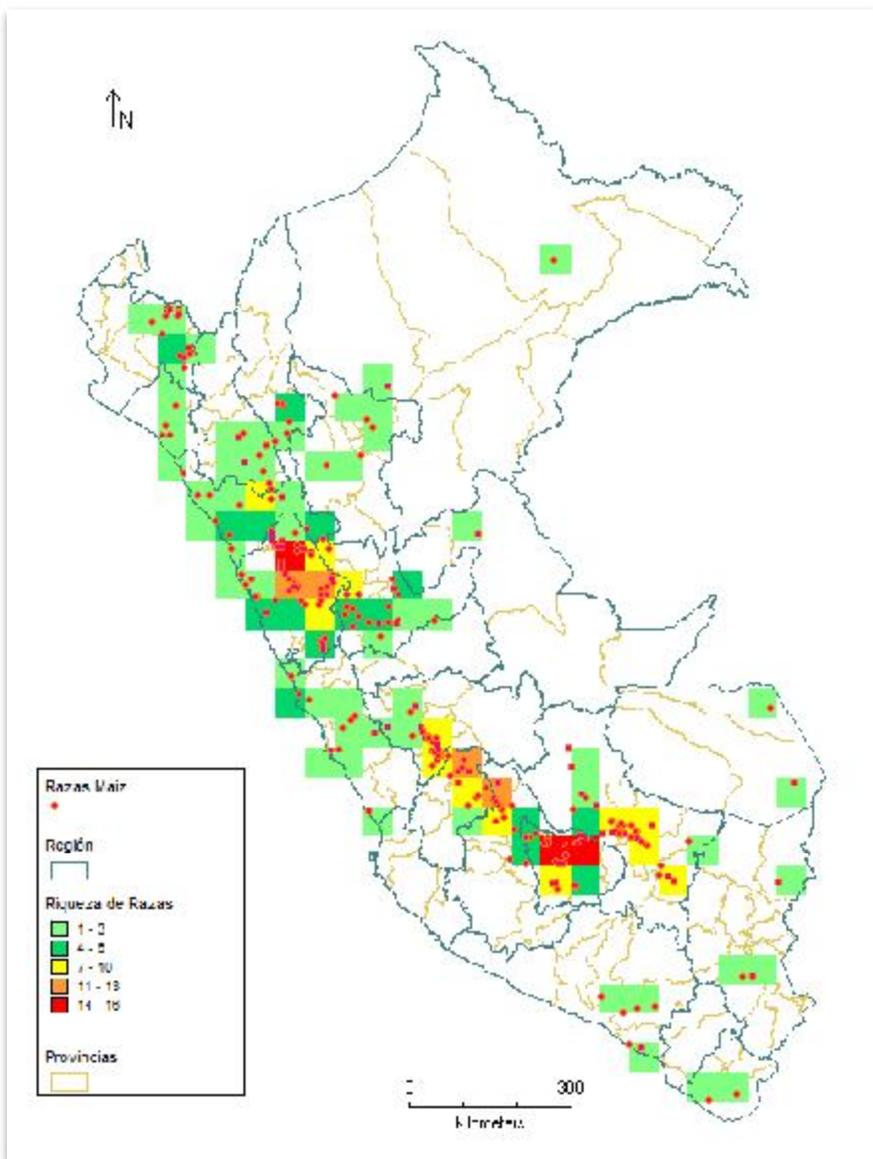
## 2. Cultivo de Maíz, Perú



- Área plantada (2010): 514,000 hectáreas.
- Perú tiene 49 razas locales
- Es un alimento básico.
- Perú/Bolivia y México son centros de diversidad del maíz.



## 2. Cultivo de Maíz, Perú



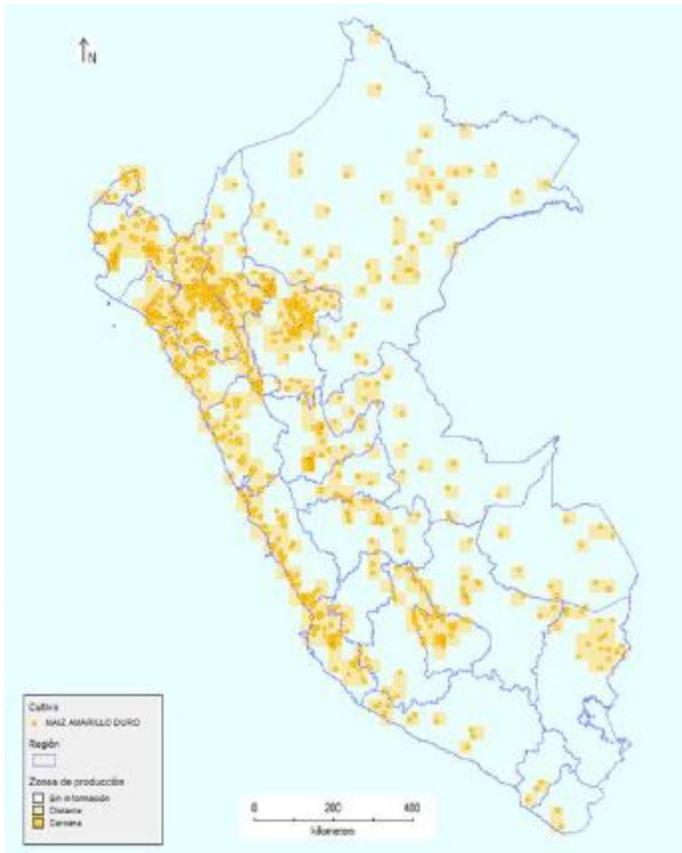
Geo referenciaron y se hicieron mapas de distribución de razas locales de maíz.

Identificación de zonas de mayor diversidad de razas de maíz en el país.

n=1146 registros. **49 razas locales**

Basado en el catálogo del Germoplasma de Maíz del Perú, 1986.

## 2. Cultivo de Maíz, Perú

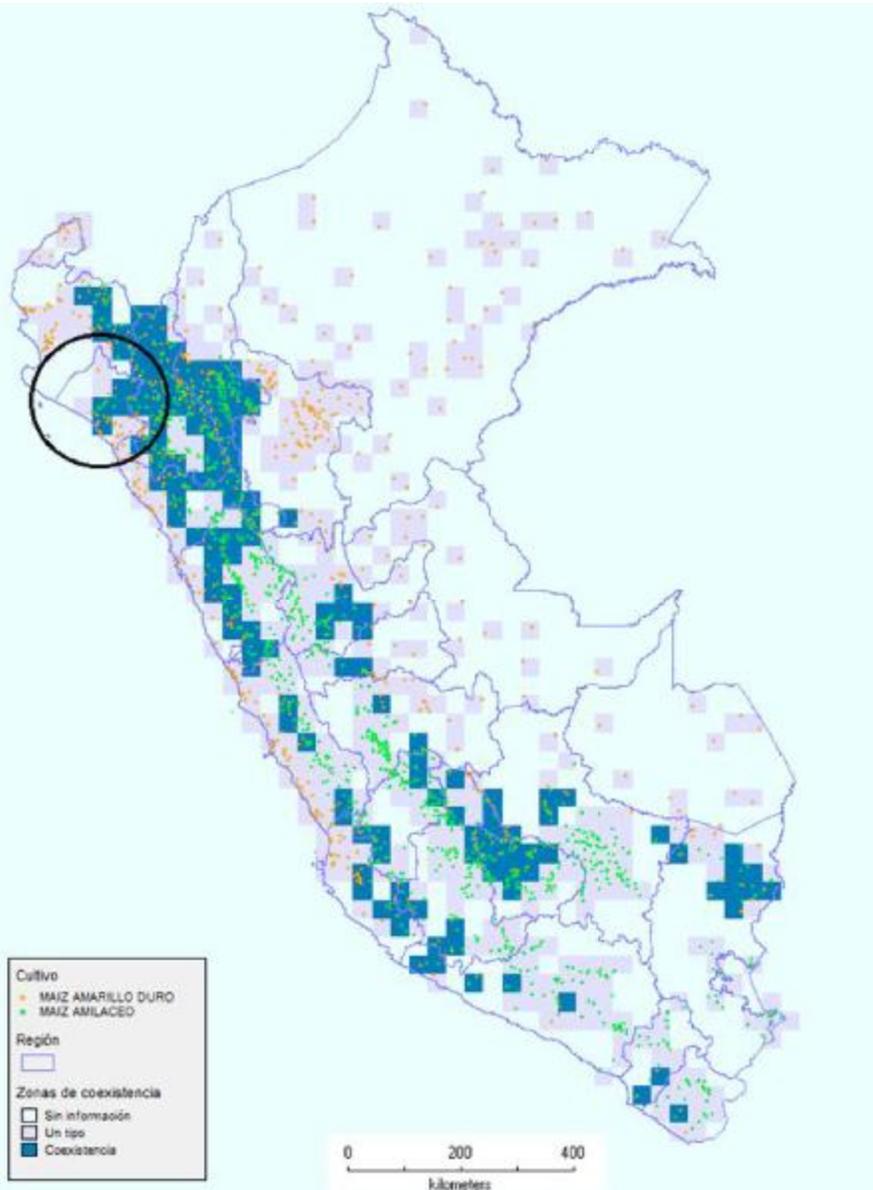


mapeo de las zonas de producción de Maíz Amarillo Duro (variedades comerciales introducidas).

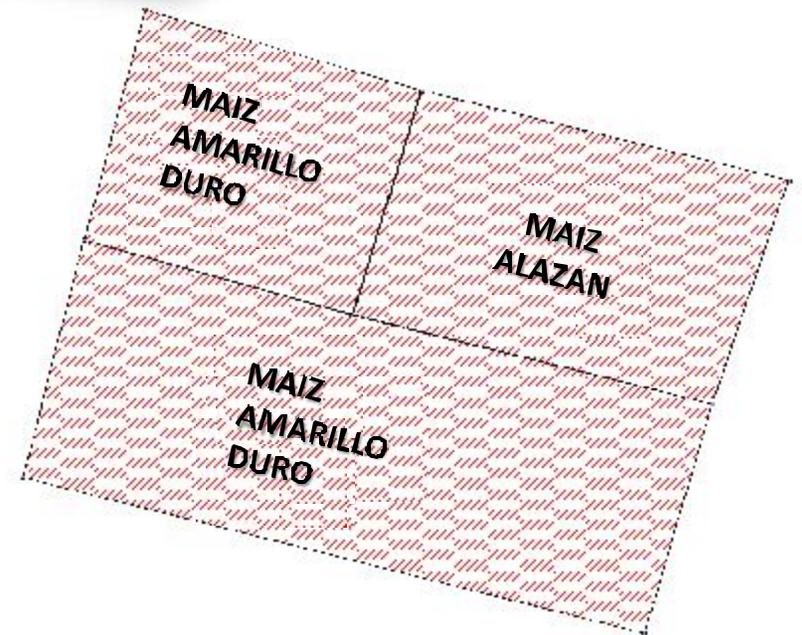


Mapeo de las zonas de producción de Maíz Amiláceo (razas locales).

## 2. Cultivo de Maíz, Perú



Zonas de simpatria entre Maíz Amarillo Duro (variedades comerciales) y Maíz Amiláceo (razas locales).



### 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica



#### Objetivo:

Desarrollar un sistema de información geográfica que permitiera evaluar la probabilidad de flujo de genes en la introducción de cultivares genéticamente modificados de arroz



### 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica



- Área plantada (2010): 80,000 ha
- Costa Rica tiene 4/22 especies del genero *Oryza*.



### 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica



Mapeo de las áreas cultivadas de arroz comercial en el país.



# 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica

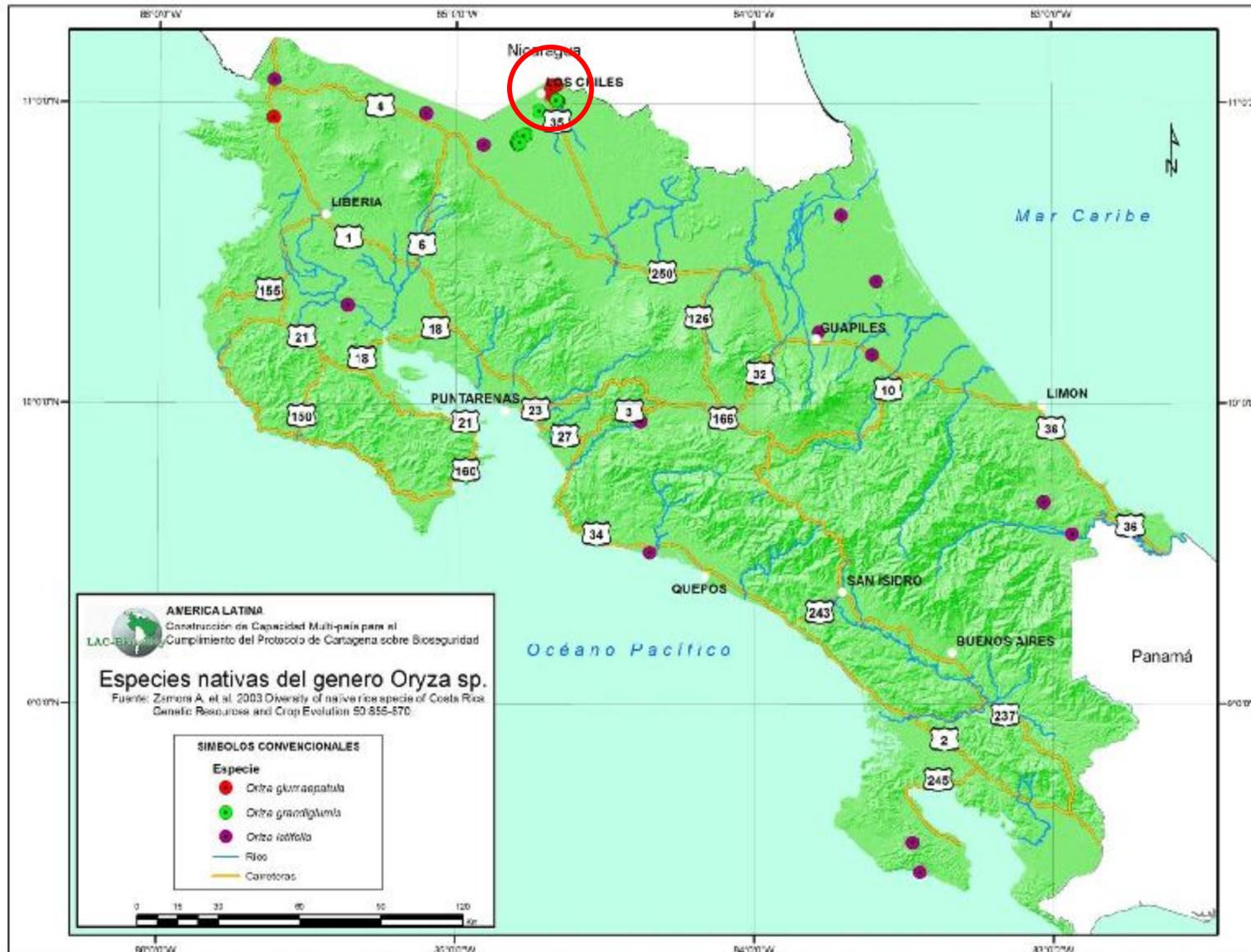


Especies del género *Oryza* presentes en Costa Rica

Debido a diferencias en genoma, el arroz común en CR, solo puede hibridizar con su pariente silvestre *O. glumaepatula*

| Presentes en Costa Rica | Especies Oryza                 | Tipo de genoma | África | América | Asia | Oceanía |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|--------|---------|------|---------|
|                         | Complejo <i>O. sativa</i>      |                |        |         |      |         |
| →                       | <i>O. sativa</i>               | AA             | X      | X       | X    | X       |
|                         | <i>O. glaberrima</i>           | AA             | X      |         |      |         |
|                         | <i>O. barthii</i>              | AA             | X      |         |      |         |
| →                       | <i>O. glumaepatula</i>         | AA             |        | X       |      |         |
|                         | <i>O. longistaminata</i>       | AA             | X      |         |      | X       |
|                         | <i>O. meridionalis</i>         | AA             |        |         | X    |         |
|                         | <i>O. rufipogon</i>            | AA             |        | X       | X    | X       |
|                         | Complejo <i>O. officinalis</i> |                |        |         |      |         |
|                         | <i>O. punctata</i>             | BB, BBCC       | X      |         |      |         |
|                         | <i>O. malampuzhaensis</i>      | BBCC           |        |         | X    |         |
|                         | <i>O. minuta</i>               | BBCC           |        |         | X    | X       |
|                         | <i>O. eichingeri</i>           | CC             | X      |         | X    |         |
|                         | <i>O. officinalis</i>          | CC             |        |         | X    | X       |
|                         | <i>O. rhizomatis</i>           | CC             |        |         | X    |         |
|                         | <i>O. alta</i>                 | CCDD           |        | X       |      |         |
| →                       | <i>O. grandiglumis</i>         | CCDD           |        | X       |      |         |
| →                       | <i>O. latifolia</i>            | CCDD           |        | X       |      |         |
|                         | <i>O. australiensis</i>        | EE             |        |         |      | X       |
|                         | <i>O. brachyantha</i>          | FF             | X      |         |      |         |
|                         | Complejo <i>O. granulata</i>   |                |        |         |      |         |
|                         | <i>O. granulata</i>            | GG             |        |         | X    |         |
|                         | <i>O. meyeriana</i>            | GG             |        |         | X    |         |
|                         | Complejo <i>O. ridleyi</i>     |                |        |         |      |         |
|                         | <i>O. longiglumis</i>          | HHJJ           |        |         |      | X       |
|                         | <i>O. ridleyi</i>              | HHJJ           |        |         | X    | X       |

### 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica



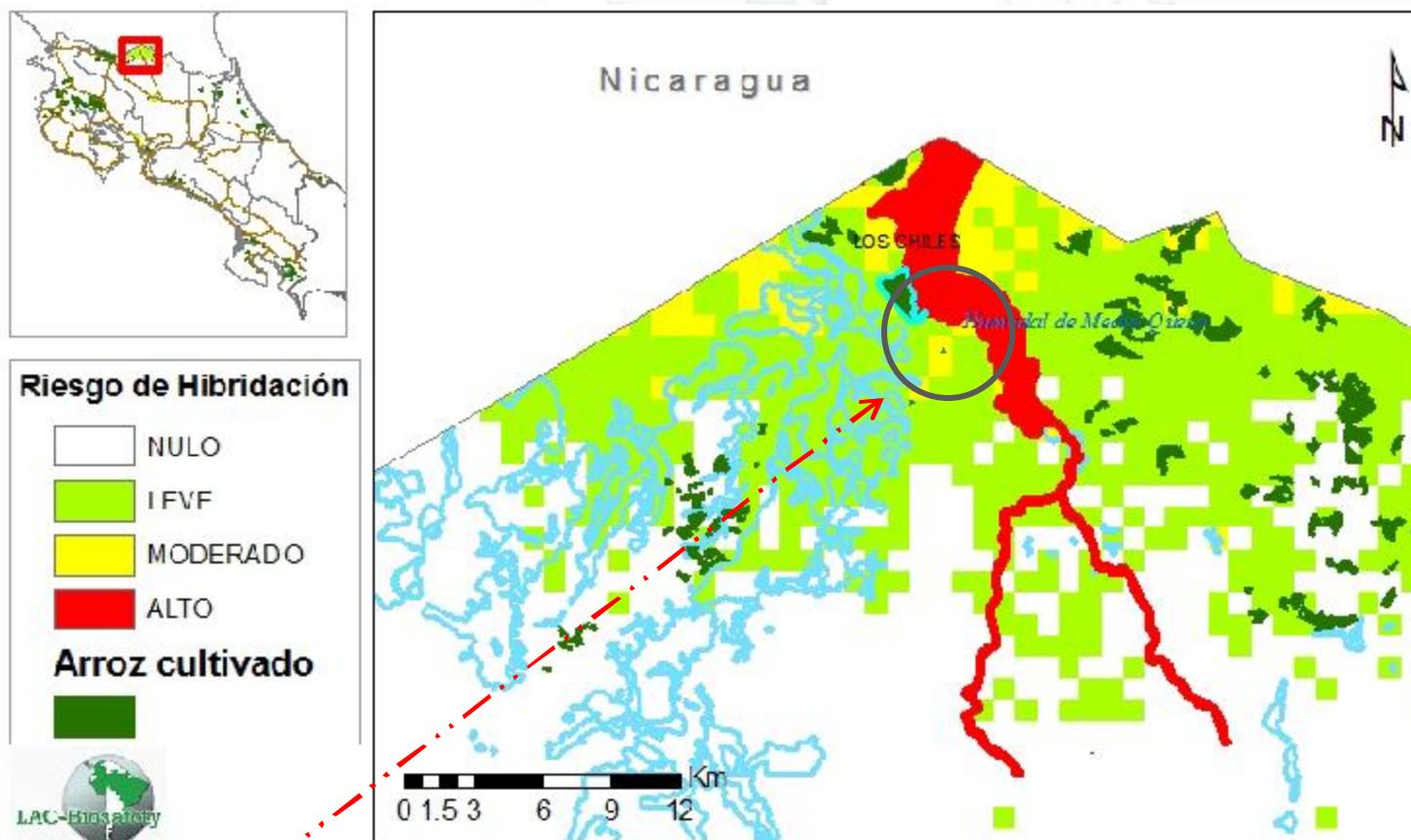
### 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica

Considerando únicamente ubicación, muestra zonas de posible hibridación y se limitan a aquellas áreas cercanas a la ocurrencia de *O. glumaepatula* que están sembradas de arroz.

| Matriz para la evaluación de zonas de hibridación entre arroz cultivado y arroz silvestre |  |       |          |      |
|---|--|-------|----------|------|
| Presencia de arroz cultivado  | Distribución potencial de <i>O. glumaepatula</i> |       |          |      |
|   | 0 –50  | 50-65 | 65-75    | >75  |
| SI  | NULO   | LEVE  | MODERADO | ALTO |
| NO  | NULO   | NULO  | NULO     | NULO |

### 3. Cultivo de Arroz, Costa Rica

Fincas arroceras dentro de áreas de alto probabilidad de flujo de genes para *O. glumaepatula*.



Se logró identificar una finca de 202 Has, que representa probabilidad de aporte de material genético que podría hibridizar a *O. glumaepatula*.  
Zonas de exclusión de siembra de arroz GM.

## 4. Cultivo de Algodón, Colombia



### **Objetivo:**

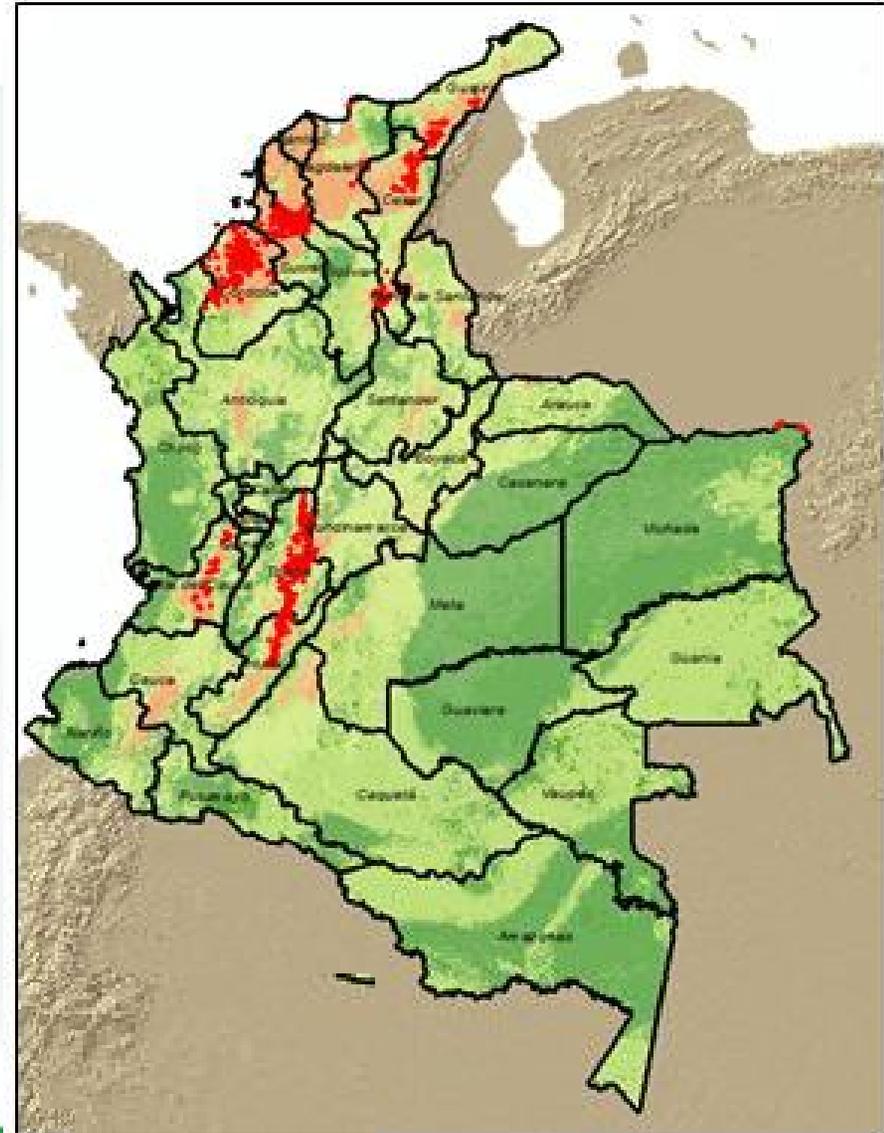
Diseño e implementación de un sistema de información espacial que apoye el proceso de toma de decisiones y el monitoreo posterior a la liberación de OGM en Colombia.

LAC-Biosafety

## 4. Cultivo de Algodón, Colombia

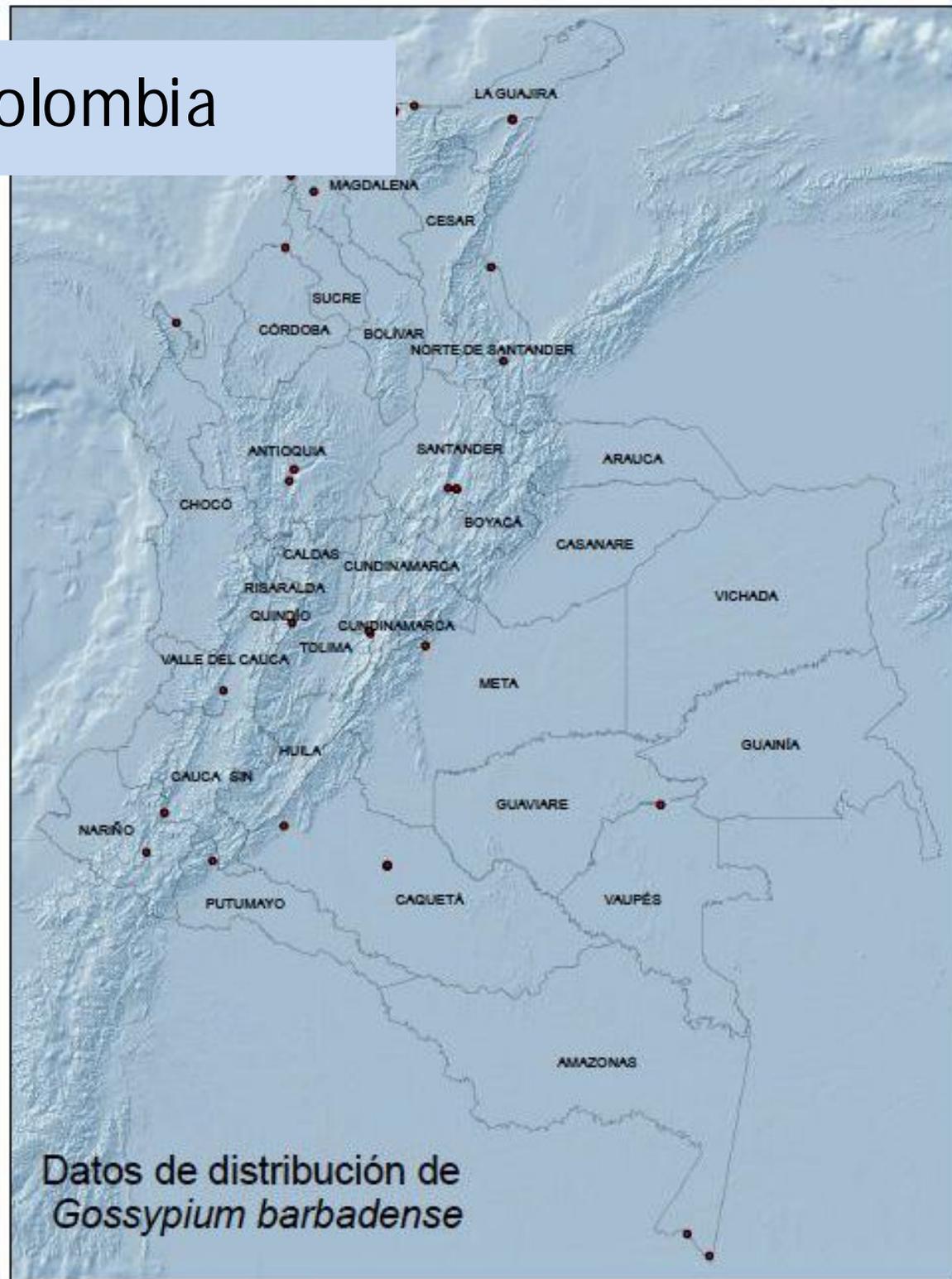


- Campaña 2010-2011: 44,706 ha.
- Primeras siembras de algodón GM 2003/2004.
- Costa Llanos 30,564 Ha cultivadas (45,6% GM); Valles interandinos 14,112 Ha cultivadas (93,2% GM).
- Hay un pariente silvestre: *Gossypium barbadense*.



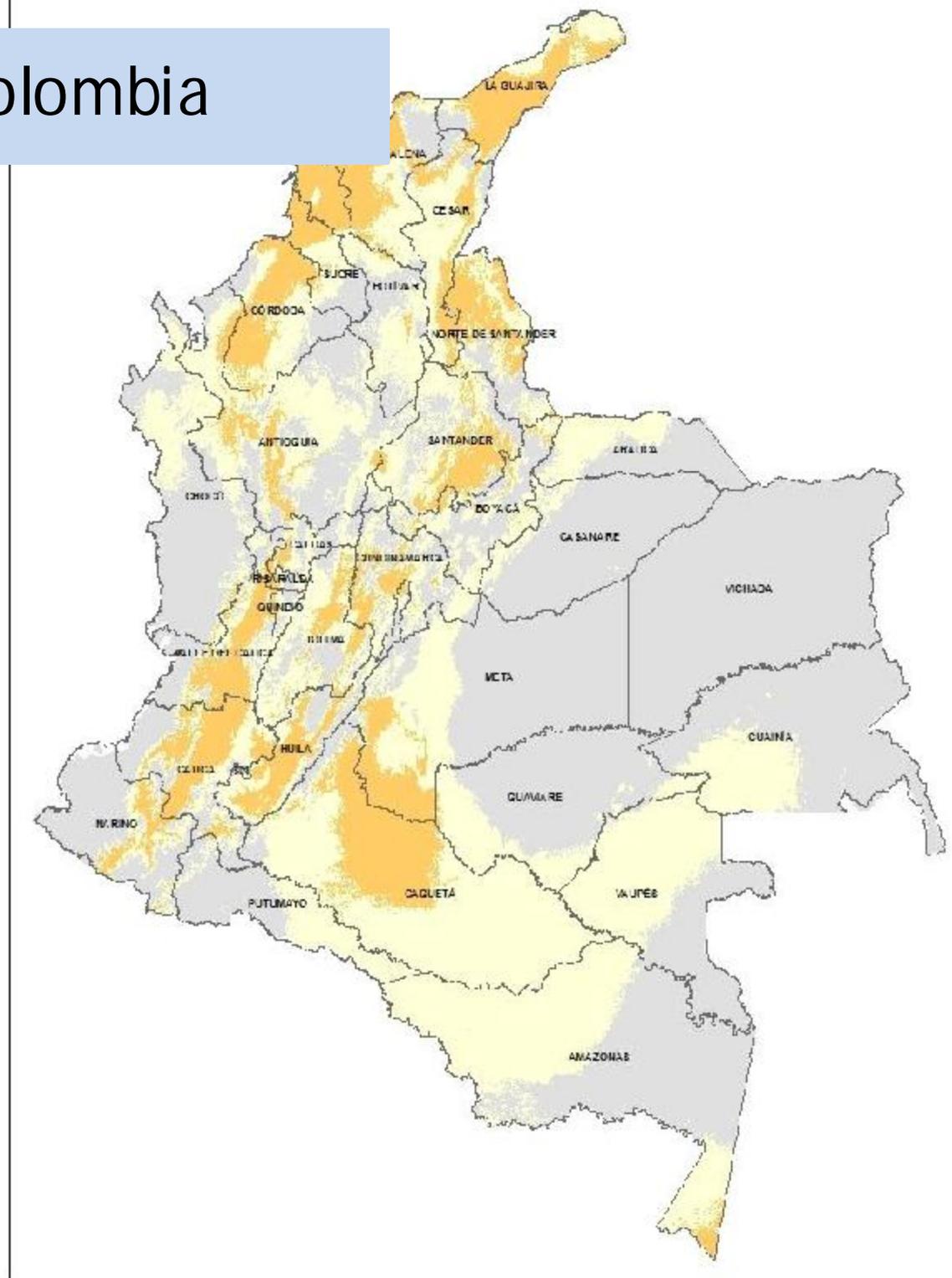
## 4. Cultivo de Algodón, Colombia

*Distribución de  
Gossypium barbadense*



## 4. Cultivo de Algodón, Colombia

*Distribución potencial de  
Gossypium barbadense*



## 4. Cultivo de Algodón, Colombia



Análisis de probabilidad de flujo de genes. Tomando como factores variables físicas que contribuyen a la dispersión de semillas.

Variables físicas

Vías

Corrientes  
de agua

Desmotadoras

Variables biológicas

Polinizadores

Viabilidad del polen

Viabilidad de la semilla

## 4. Cultivo de Algodón, Colombia



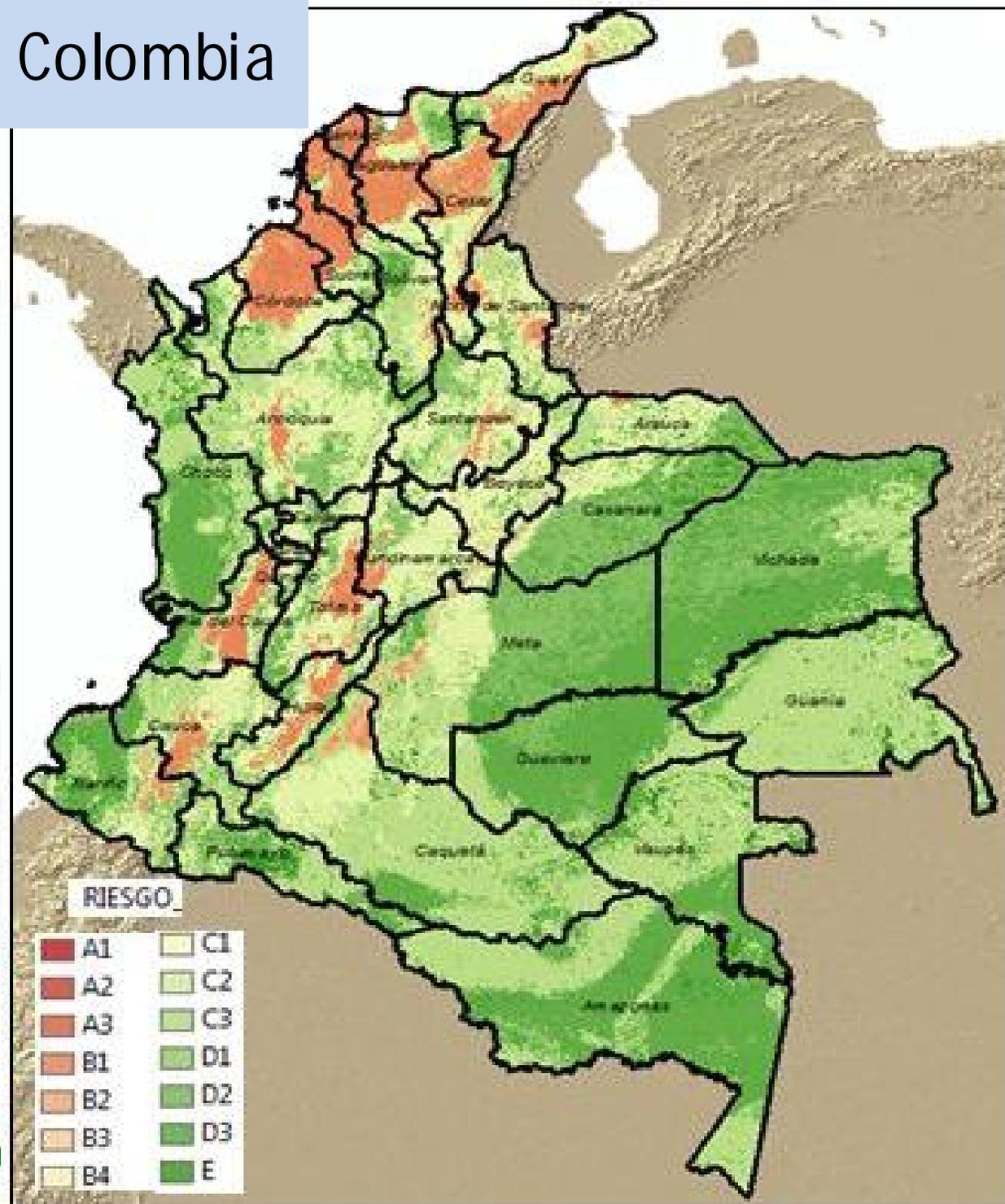
Matriz de riesgo de dispersión de semilla

Variables físicas

| Presencia Especie            | Red vial<br>(1)<br>(Buf 1KM) | Red de drenaje (2)<br>(Buf 1KM) | Desmotadoras (3)<br>(Buf 2KM) |
|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Confirmada (A)<br>(Buf 2KM)  | A1                           | A2                              | A3                            |
| Probabilidad Alta (B)        | B1                           | B2                              | B3                            |
| Probabilidad media (C)       | C1                           | C2                              | C3                            |
| Prob. baja (no predicho) (D) | D1                           | D2                              | D3                            |

## 4. Cultivo de Algodón, Colombia

Mapa de probabilidad de dispersión de semillas tomando en cuenta carreteras, drenaje y desmotadoras de algodón.



## 5. Cultivo de Papa, Perú



### Objetivo:

Desarrollo de un protocolo de análisis espacial para el apoyo a la toma de decisiones sobre la hipotética liberación de organismos genéticamente modificados de papa en el Perú.

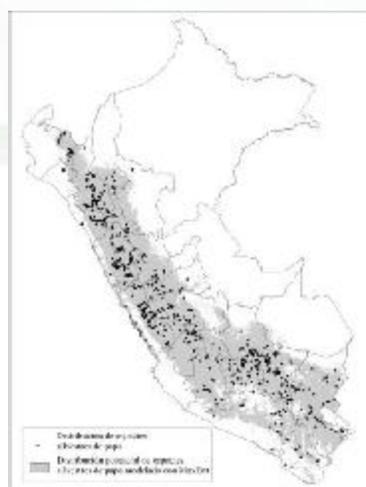


# Cultivo de Papa, Perú

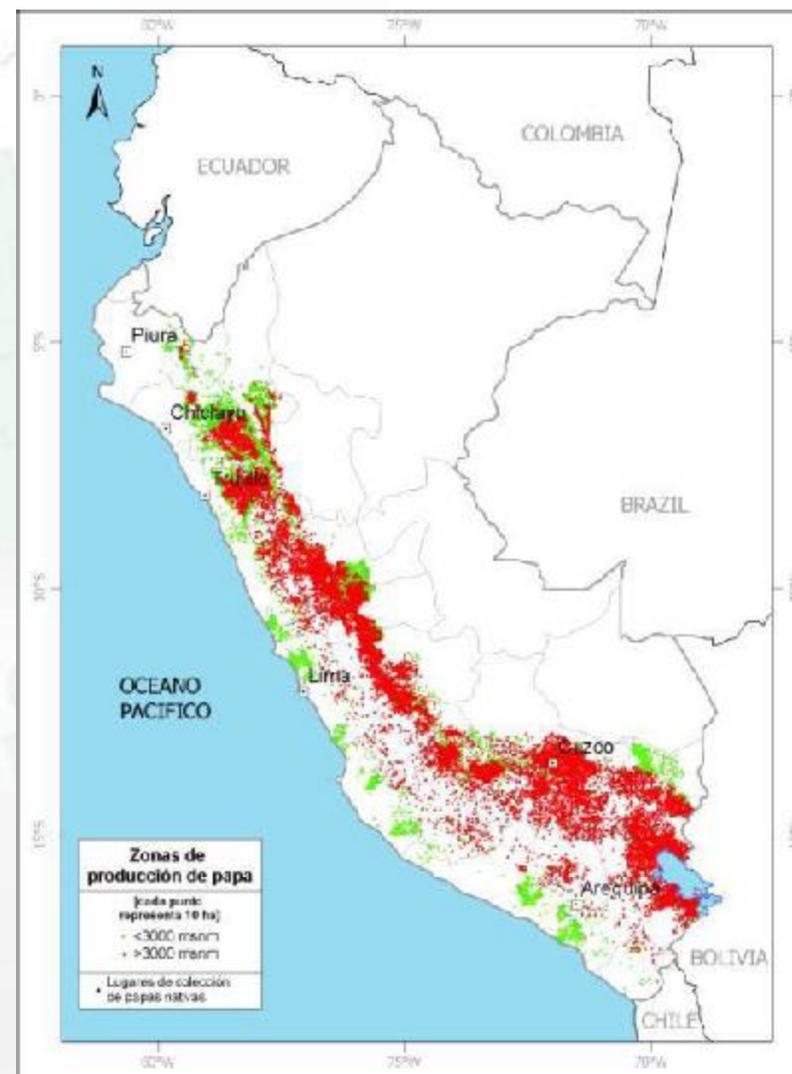
- Área plantada (2010): 270,000 hectáreas.
- En Perú ocurre 8/9 especies de papas nativas cultivadas.
- En Perú ocurre 91/181 especies de parientes silvestres de papa.
- Es un alimento básico.
- Perú y Bolivia es un centro de diversidad de la papa.



*Especies nativas cultivadas  
(8 especies)*



*Parientes silvestres  
(91 especies)*



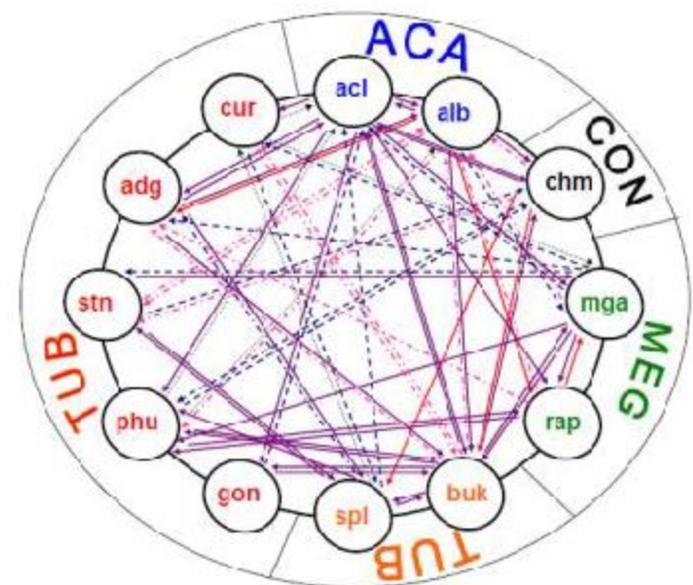
# 5. Cultivo de Papa, Perú



Cruzabilidad entre especies silvestres y cultivadas (Salas, 2005)

|            |   | ESPECIES SILVESTRES |      |      |      |      |      |      | ESPECIES CULTIVADAS |      |      |      |     |      |                                     |
|------------|---|---------------------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|-----|------|-------------------------------------|
|            |   | ACA                 | CON  | MEG  |      | TUB  |      | TUB  |                     |      |      |      |     |      |                                     |
|            |   | acl                 | alb  | chm  | mga  | rap  | buk  | spl  | gon                 | phu  | stn  | adg  | cur | HIB  |                                     |
|            |   | 4x/2                | 6x/4 | 2x/2 | 2x/2 | 2x/2 | 2x/2 | 2x/2 | 2x/2                | 2x/2 | 4x/2 | 4x/4 | 5x  | 4x/4 |                                     |
| SILVESTRES | ♀ |                     |      |      |      |      |      |      | ●                   | ●    |      | ●    |     | ●    | <i>S. acaule</i>                    |
|            | ♂ |                     |      |      |      |      |      |      |                     | ○    | ○    | ●    |     | ●    | <i>S. albicans</i>                  |
|            | ♀ |                     |      |      |      |      |      |      |                     | ▲    | ○    | ○    |     | ○    | <i>S. chomatophilum</i>             |
|            | ♂ |                     |      |      |      |      |      |      |                     | ●    | ▲    | ▲    | ▲   | △    | <i>S. megistacrolobum</i>           |
|            | ♀ |                     |      |      |      |      |      |      |                     | ●    |      | ○    |     |      | <i>S. raphanifolium</i>             |
|            | ♂ |                     |      |      |      |      |      |      | ●                   | ●    |      | ○    | ○   |      | <i>S. bukasovii</i>                 |
|            | ♀ |                     |      |      |      |      |      |      |                     | ●    | ●    | ○    | △   | ●    | <i>S. sparsipilum</i>               |
| CULTIVADAS | ♂ | ▲                   |      |      |      |      |      | ●    |                     |      |      |      |     |      | <i>S. goniocalyx</i>                |
|            | ♀ | △                   | △    | ▲    |      | ●    | ●    | ●    |                     |      |      |      |     |      | <i>S. phureja</i>                   |
|            | ♂ |                     | ○    | ▲    | ●    |      | ●    | ●    |                     |      |      |      |     |      | <i>S. stenotomum</i>                |
|            | ♀ | ●                   | ●    | ●    |      |      | ●    | ●    |                     |      |      |      |     |      | <i>S. tuberosum subsp. andigena</i> |
|            | ♂ | △                   |      |      | △    |      | ○    | ▲    |                     |      |      |      |     |      | <i>S. xcurtilobum</i>               |
|            | ♀ | ▲                   | ●    | ●    | ○    | ●    | ●    | ▲    |                     |      |      |      |     |      | Híbridos                            |

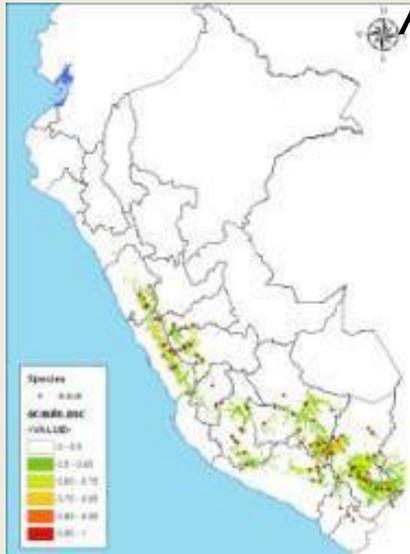
- ▲ No dieron Bayas
- △ No dieron semillas
- Semillas >20
- Semillas <10
- ◐ 10 < Semillas < 20



Cuadro de cruces recíprocos inter específicos entre especies silvestres y cultivadas, de diferentes niveles de ploidía y balance de endospermo

# 5. Cultivo de Papa, Perú

ACL



*Solanum acaule*

MEG



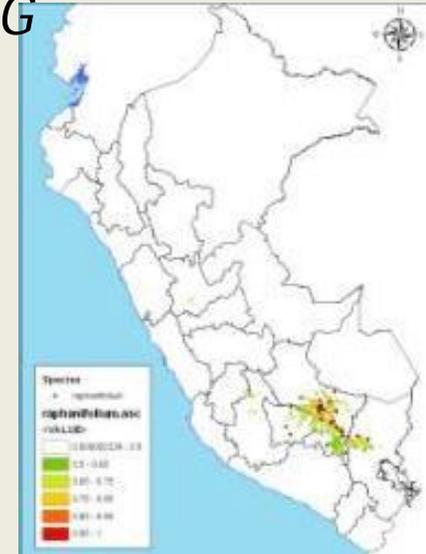
*Solanum albincas*

MEG



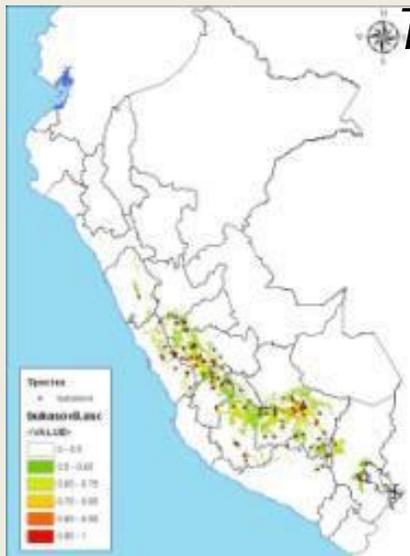
*Solanum megistralobum*

MEG



*Solanum raphanifolium*

TUB



*Solanum bukasovi*

CON



*Solanum sparsipilum*

CON

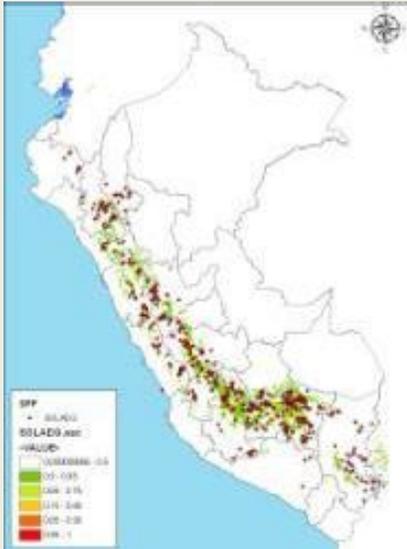


*Solanum chomatophilum*

Distribución potencial de especies silvestres de papa. [Estimado por MaxEnt, 7/90 especies]

# 5. Cultivo de Papa, Perú

TUB



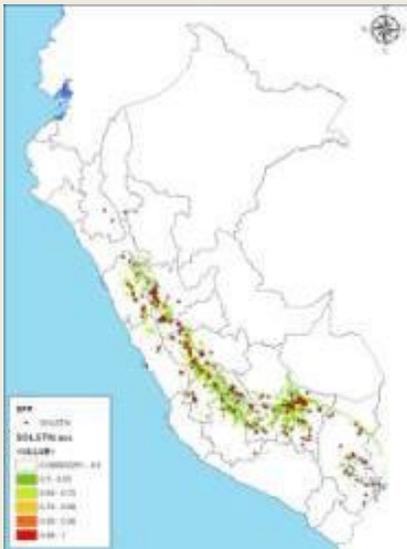
*Solanum tuberosum subsp. andigena*



*Solanum xcurtilobum*



*Solanum goniocalix*



*Solanum stenotomum*



*Solanum phureja*

Distribución potencial de especies nativas de papa [Estimado por MaxEnt, 5/8 especies]

## 5. Cultivo de Papa, Perú



### Eventos de hibridación

- Existen informes de hibridaciones entre las papas nativas y especies silvestres en los Andes <sup>1,2,3</sup>;
- Las variedades modernas también se pueden hibridar con otras variedades y especies silvestres <sup>4</sup>;
- El flujo de genes desde las variedades mejoradas hacia el germoplasma de papas nativas puede suceder sí:
  - Cruzabilidad entre especies (diferentes niveles de ploidía y balance de endospermo)
  - Variedad moderna sea fértil
  - Superposición de la floración
  - Proximidad <20 m
  - Insectos polinizadores
  - Semilla que germine
  - El híbrido es viable
  - Campesino adopta el híbrido

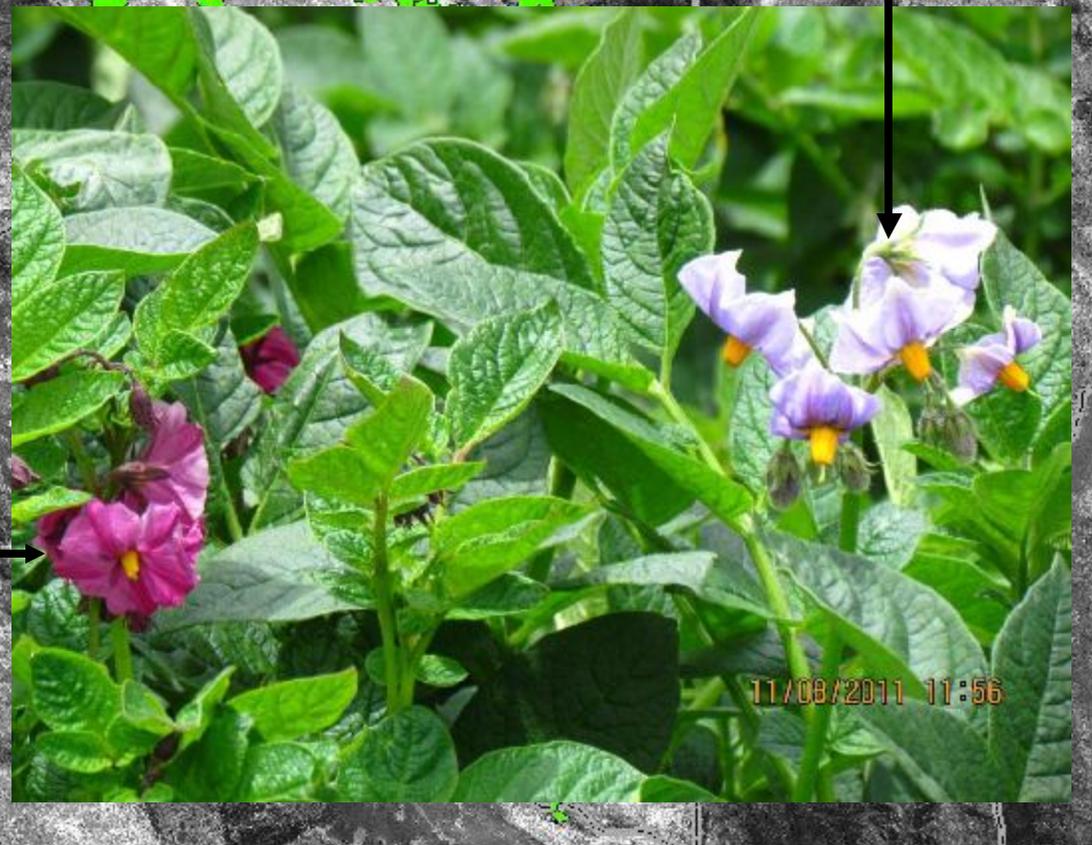
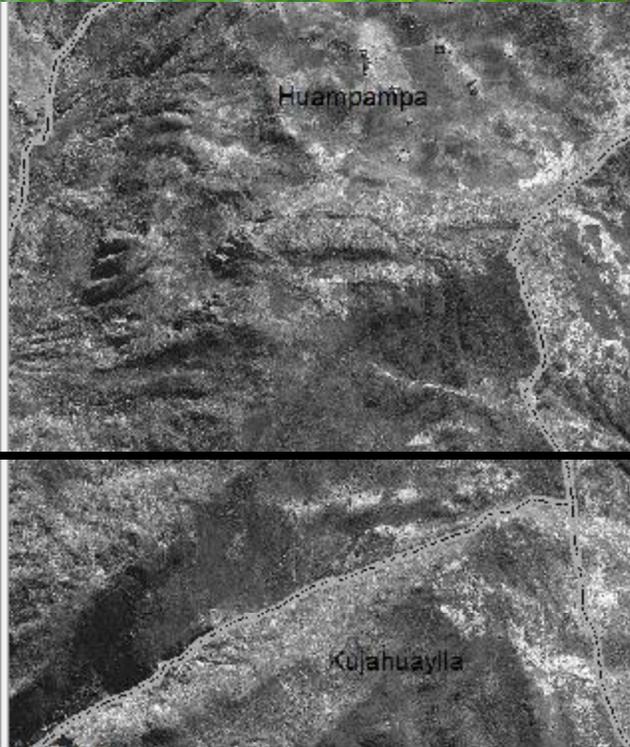
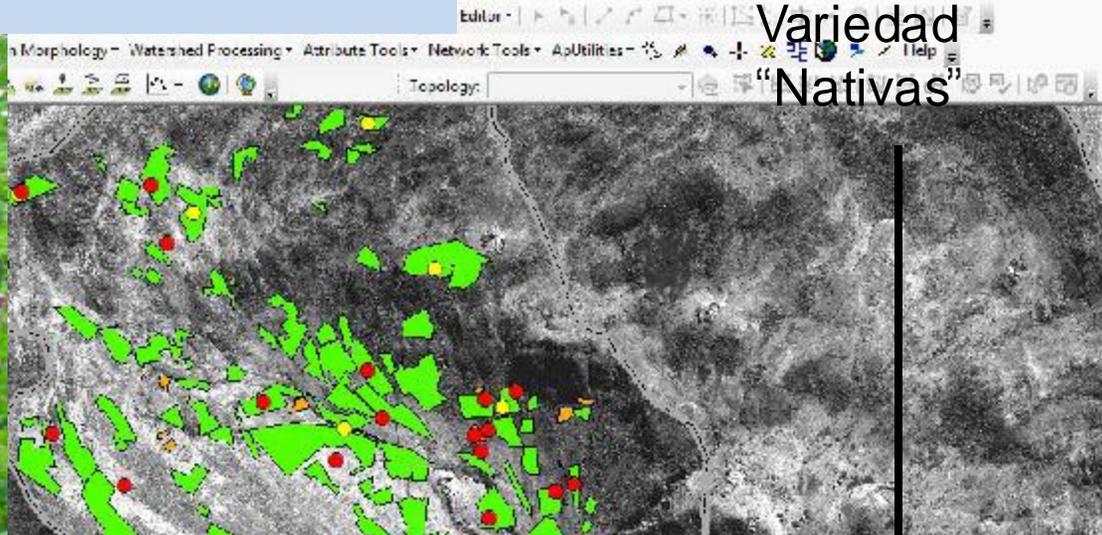
<sup>1</sup>Rabinowitz et al. (1990) Am Pot J 67:73-81

<sup>2</sup>Celis et al. (2004) Nature 432:222-225

<sup>3</sup>Scurrah et al. (2008) Euphytica 164:881-892

<sup>4</sup>Jackson and Hanneman (1999) Euphytica 109:51-67

# 5. Cultivo de Papa, Perú



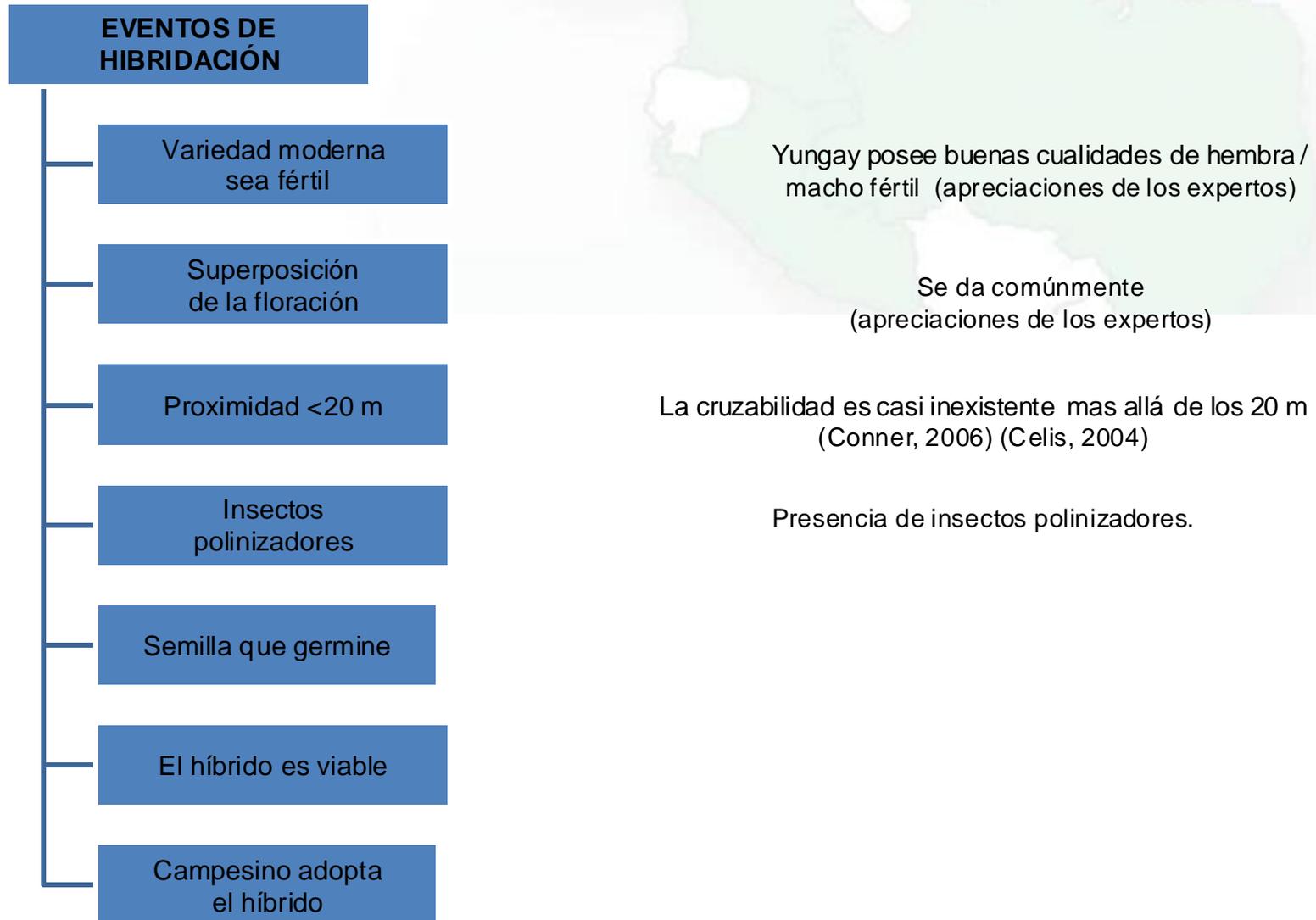
Variedad mejorada "Yungay"



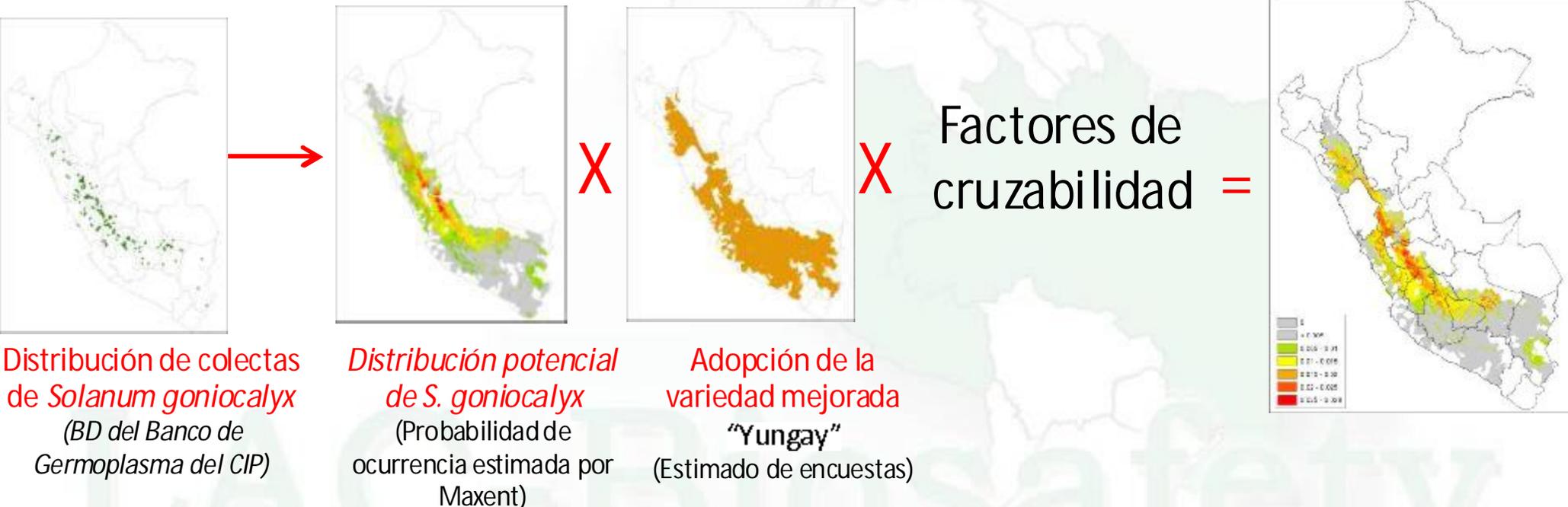
# 5. Cultivo de Papa, Perú



Flujo de genes papa mejorada (Yungay) hacia las papas nativas (*Solanum goniocalyx*). Se tomaron en cuenta cruzabilidad, coincidencia en la floración, proximidad entre especies, presencia de insectos polinizadores).

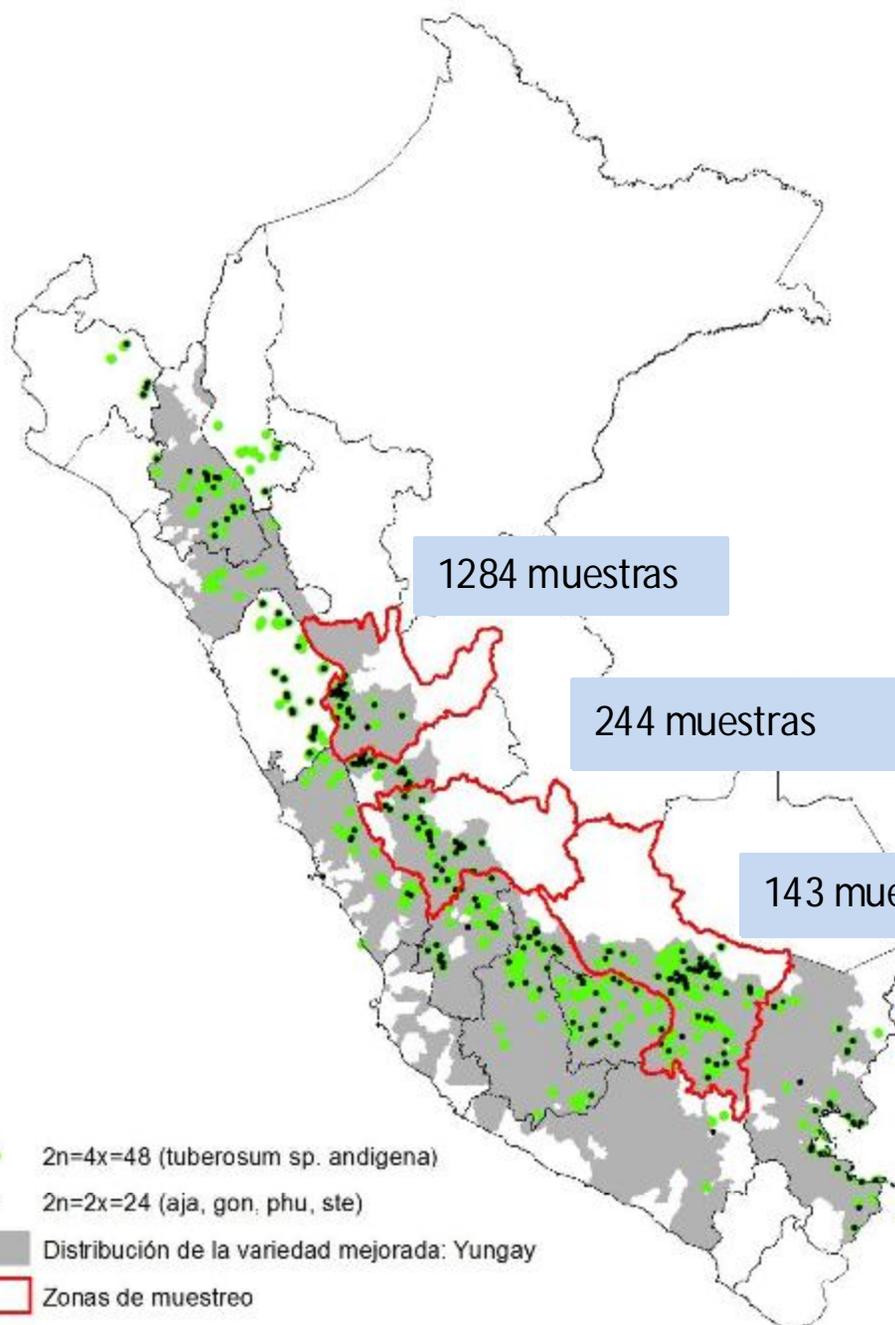


# 5. Cultivo de Papa, Perú



Existe la probabilidad de ocurrencia de hibridación entre la variedad mejorada "Yungay" (*S. tuberosum* subsp *Andigena*) vs la especie nativa cultivada *S. goniocalyx*.

# 5. Cultivo de Papa, Perú



Área Temática: Flujo de Genes en Papa  
“Búsqueda de evidencias de introgresión de genes exóticos en variedades nativas y parientes silvestres de la papa” (Montenegro, Herrera, Ghislain)

No se encontró híbridos de Yungay a pesar del largo historial de convivencia, compatibilidad reproductiva, cercanía y presencia de insectos polinizadores

n=1771 muestras, 400 variedades nativas de papa

# Propuesta para la evaluación de ocurrencia de flujo de genes (diferentes aproximaciones)



¿Quiénes son los PS y las VC de las especies?

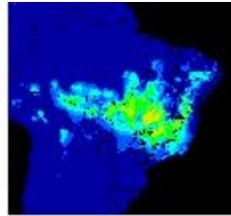
¿En dónde se encuentran?

Mapas de distribución potencial de PS

Mapas de cultivos (GMI y no GM)

Mapas de presencia de VC

1



Yuca y Maíz

¿Cuáles son las características biológicas relevantes dentro de cada una de las especies para que sea viable el flujo de genes?

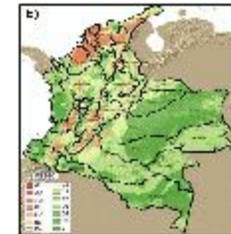
¿Cuáles son las características físicas relevantes en el sitio posible de liberación para que sea viable el flujo de genes?

2

Hibridación

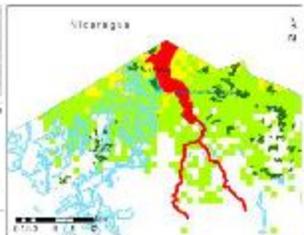
Hibridación, polinizadores, coincidencia de floración, proximidad entre especies.

3

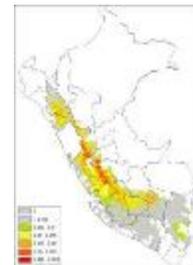


Algodón

4



Arroz



Papa

# Estructura de la presentación



- Generalidades del sub proyecto de GIS en LAC-Biosafety
- Resultados de los casos de estudio
- Sistema de Información Regional
- Conclusiones

# Sistema de Información Regional



En la actualidad se están cargando los mapas generados a través de la herramienta GEOSIB con el fin de contar con un sistema regional de información que pueda ser consultado vía web.

**GEOSIB**  
Visor de información geográfica del SIB-Colombia

Temas

|                          |                        |                           |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| Áreas Protegidas         | Ecosistemas            | Gacetero                  |
| Información General      | Manifol Columbia       | Oriza Caribe Rica         |
| Prioridades Conservación | Póramos                | Registro Áreas Protegidas |
| Solemnium Perú           | Territorios Colectivos |                           |

Capas de Áreas Protegidas

Activar todas las capas

- Áreas Protegidas
- Metacato Descripción
- Parques Nacionales Naturales
- Metacato Descripción
- Metacato Descripción

[hermes.humboldt.org.co/visoruniversal2010/bin/Visor.html](http://hermes.humboldt.org.co/visoruniversal2010/bin/Visor.html)

# Sistema de Información Regional



- Personalizar usuarios
- Hacer procesamientos espaciales básicos
- Acceder a través de la web
- Exportar información en formatos kml y shp.
- Acceder a información sobre biodiversidad

**GEOSiB**  
Visor de información geográfica del SIB-Colombia

Usuario: morjuela [Salir](#)

**Temas**

|                          |                         |                           |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Áreas Protegidas         | Ecosistemas             | Gacetero                  |
| Información General      | <b>Manihot Colombia</b> | Oryza Costa Rica          |
| Prioridades Conservación | Páramos                 | Registro Áreas Protegidas |
| Solanum Perù             | Territorios Colectivos  |                           |

**Capas de Manihot Colombia**

Activar todas las capas

MCarthaginensis

**Metadato Descripción**

MBrachyicta

**Metadato Descripción**

MCallivada

**Metadato Descripción**

# Estructura de la presentación



- Generalidades del sub proyecto de GIS en LAC-Biosafety
- Resultados de los casos de estudio
- Sistema de Información Regional
- Conclusiones

## Conclusiones

- La definición de probabilidad de flujo de genes involucra el conocimiento no solo de simpatria entre especies sino también variables físicas, biológicas y antropológicas que intervienen en el proceso. Mientras más información científica se encuentre disponible, los modelos caso-específicos podrán ser más robustos para la toma de decisiones informadas.
- Las metodologías usadas son similares entre los sub proyectos GIS y constituyen una herramienta metodológica regional de amplia aplicación.
- En la actualidad se están cargando los mapas generados a través de la herramienta GEOSIB con el fin de contar con un sistema regional de información que pueda ser consultado vía web.

# Conferencia Regional Sobre Bioseguridad

Hotel Caribe, Cartagena de Indias, Colombia. Junio 7 y 8 de 2012



**Muchas gracias...!**

LAC-Biosafety

