

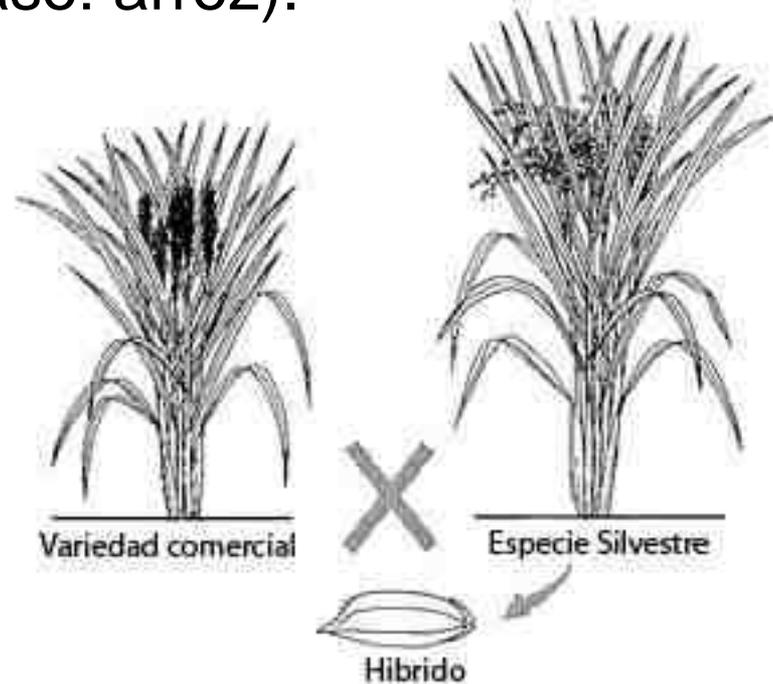
Uso de sistemas de información geográfica para definir áreas de riesgo de flujo de genes entres plantas cultivadas y sus parientes silvestres; el caso del arroz en Costa Rica.

Freddy Sancho Mora, M.Sc.  
Proyecto Lac-Biosafety



## Objetivo General:

Desarrollar un sistema de información geográfica de utilidad para la evaluación del “riesgo ambiental” de la introducción de CGM. (Caso: arroz).



## Objetivos específicos del subproyecto:

- Elaborar una base de datos geo-referenciada de la distribución de arroz cultivado y de las especies de *Oryza* nativas.
- Generar un esquema de uso de bases de datos geográficas para facilitar la toma de decisiones en relación con el cultivo de arroz GM en Costa Rica.

# Metodología



- Mapeo de las áreas cultivadas de arroz comercial en el país: se realizó un mapeo a nivel nacional midiendo fincas con GPS y con la ayuda de imágenes satelitales.
- Distribución del arroz silvestre: basándose en registros previos de existencia de arroz silvestre se definió la distribución potencial de estas especies en el país para lo cual se utilizó el modelo de máxima entropía (Maxent).
- Definición de la zonas de posible riesgo de introducción de arroz GM: por medio de sistemas de información geográfica se realizó un análisis de sobre posición entre arroz cultivado y especies silvestres.








**AMERICA LATINA**  
 Construcción de Capacidad Multi-pais para el  
 Cumplimiento del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad

### Especies nativas del genero *Oryza* sp.

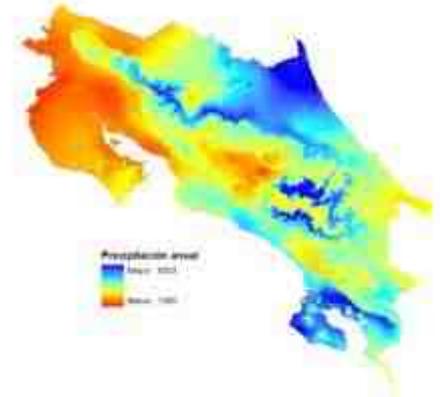
Fuente: Zamora A. et al. 2003. Diversity of native rice species of Costa Rica. Genetic Resources and Crop Evolution 50:855-870.

- SIMBOLOS CONVENCIONALES:**
- Especie:**
- *Oryza glumaepatula*
  - *Oryza grandiglumis*
  - *Oryza latifolia*
  - Rios
  - Carreteras

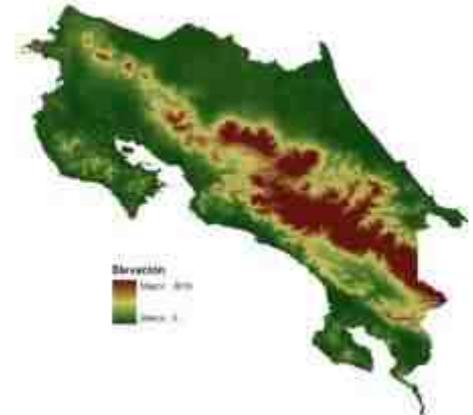


## Datos ambientales utilizados en Maxent

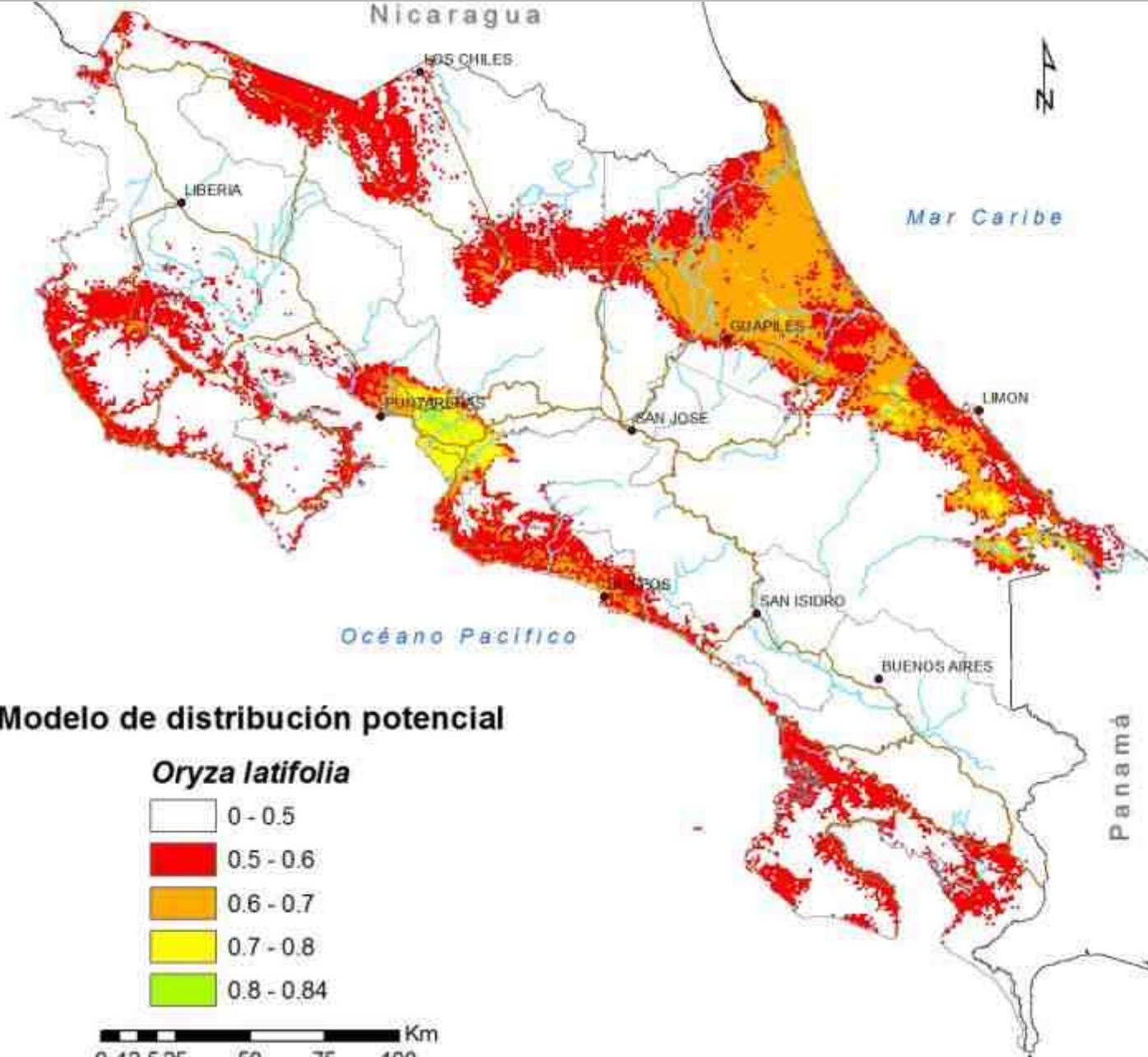
La información de clima fue obtenida de la base de datos bioclimáticos de WorldClim (<http://www.worldclim.org>), quién almacena un resumen de 19 variables de precipitación y temperatura para el periodo 1950-2000. Esta información tiene una resolución espacial de 1 Km<sup>2</sup>



Elevación: Los datos de elevación digital provienen de la misión topográfica de radar a bordo del transbordador espacial Endeavour (SRTM, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).

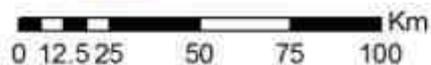
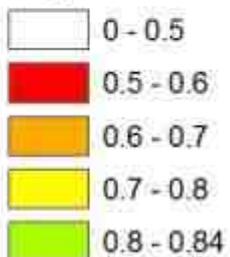


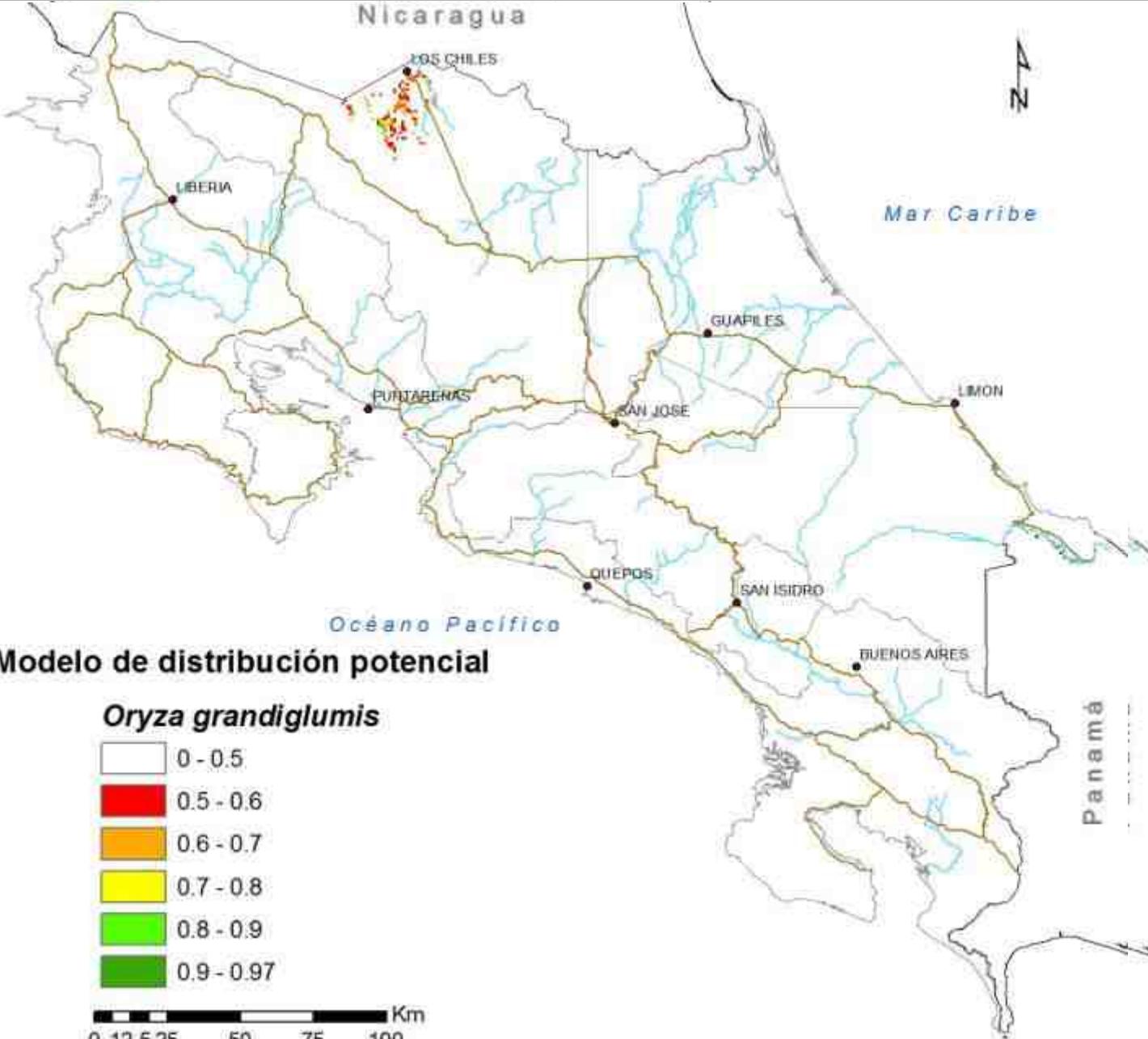
Nicaragua



### Modelo de distribución potencial

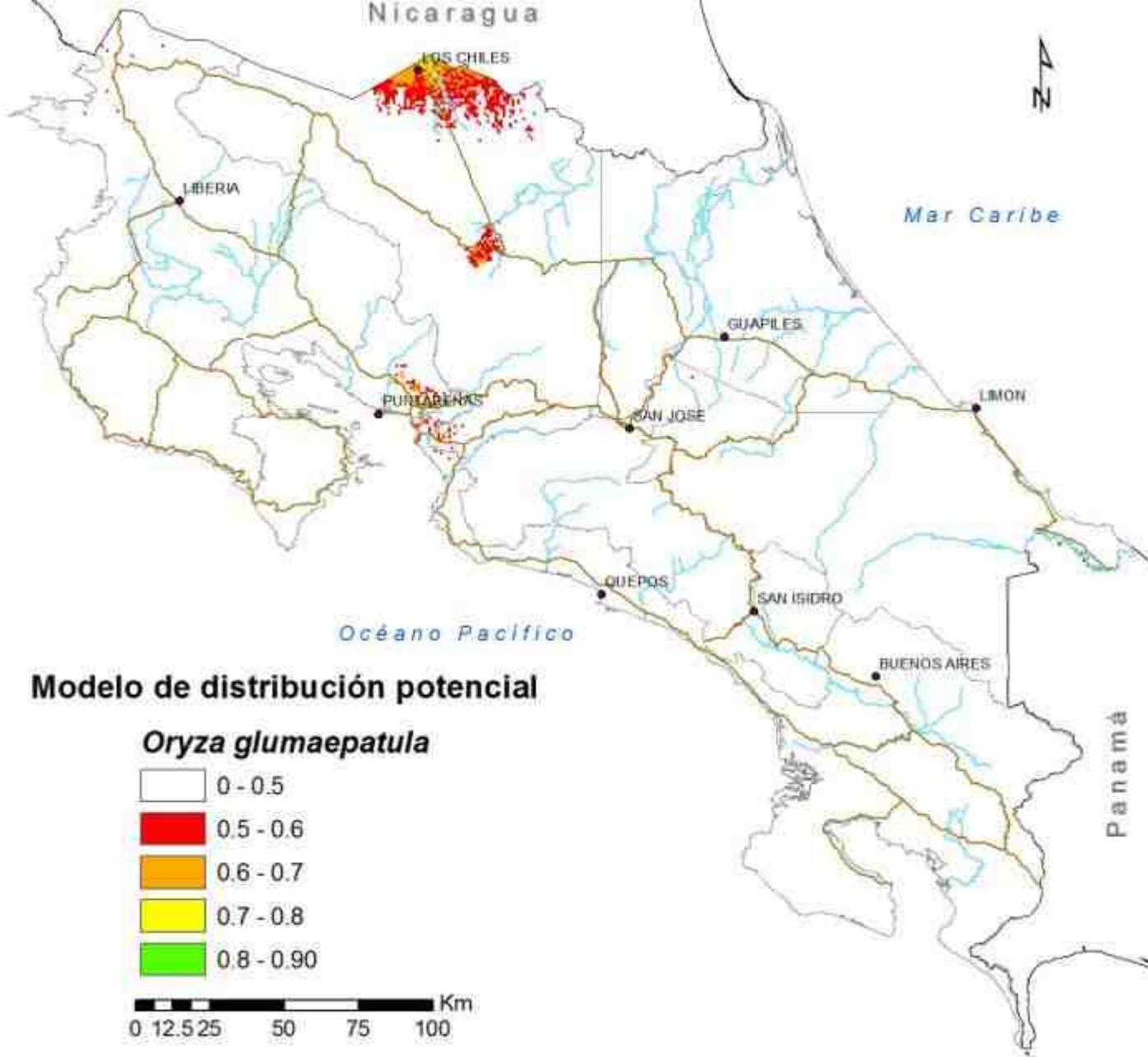
#### *Oryza latifolia*





I

V



L

V

# 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

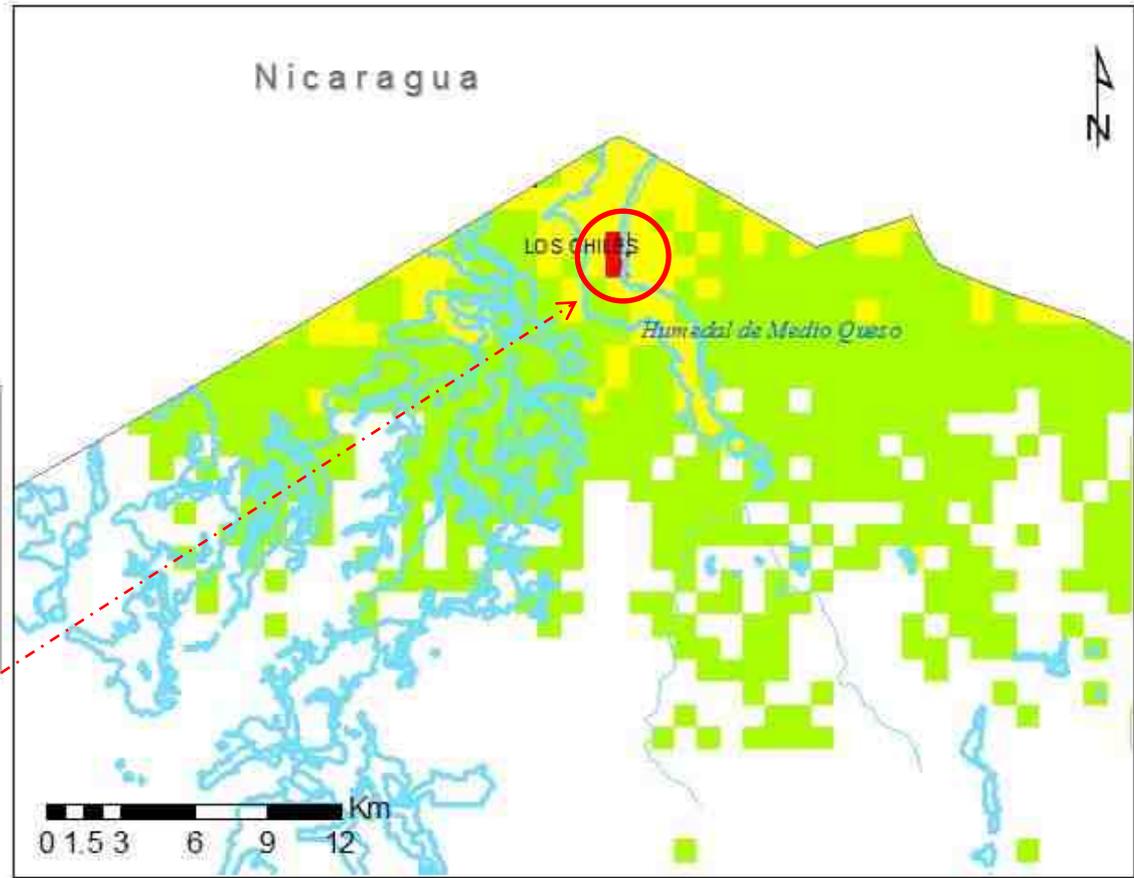


Especies <i>Oryza</i>	Tipo de genoma	África	América	Asia	Oceanía
<b>Complejo <i>O. sativa</i></b>					
<i>O. sativa</i>	AA	X	X	X	X
<i>O. glaberrima</i>	AA	X			
<i>O. barthii</i>	AA	X			
<i>O. glumaepatula</i>	AA		X		
<i>O. longistaminata</i>	AA	X			X
<i>O. meridionalis</i>	AA			X	
<i>O. rufipogon</i>	AA		X	X	X
<b>Complejo <i>O. officinalis</i></b>					
<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			
<b>Complejo <i>O. granulata</i></b>					
<i>O. granulata</i>	GG			X	
<i>O. meyeriana</i>	GG			X	
<b>Complejo <i>O. ridleyi</i></b>					
<i>O. longiglumis</i>	HHJJ				X
<i>O. ridleyi</i>	HHJJ			X	X

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

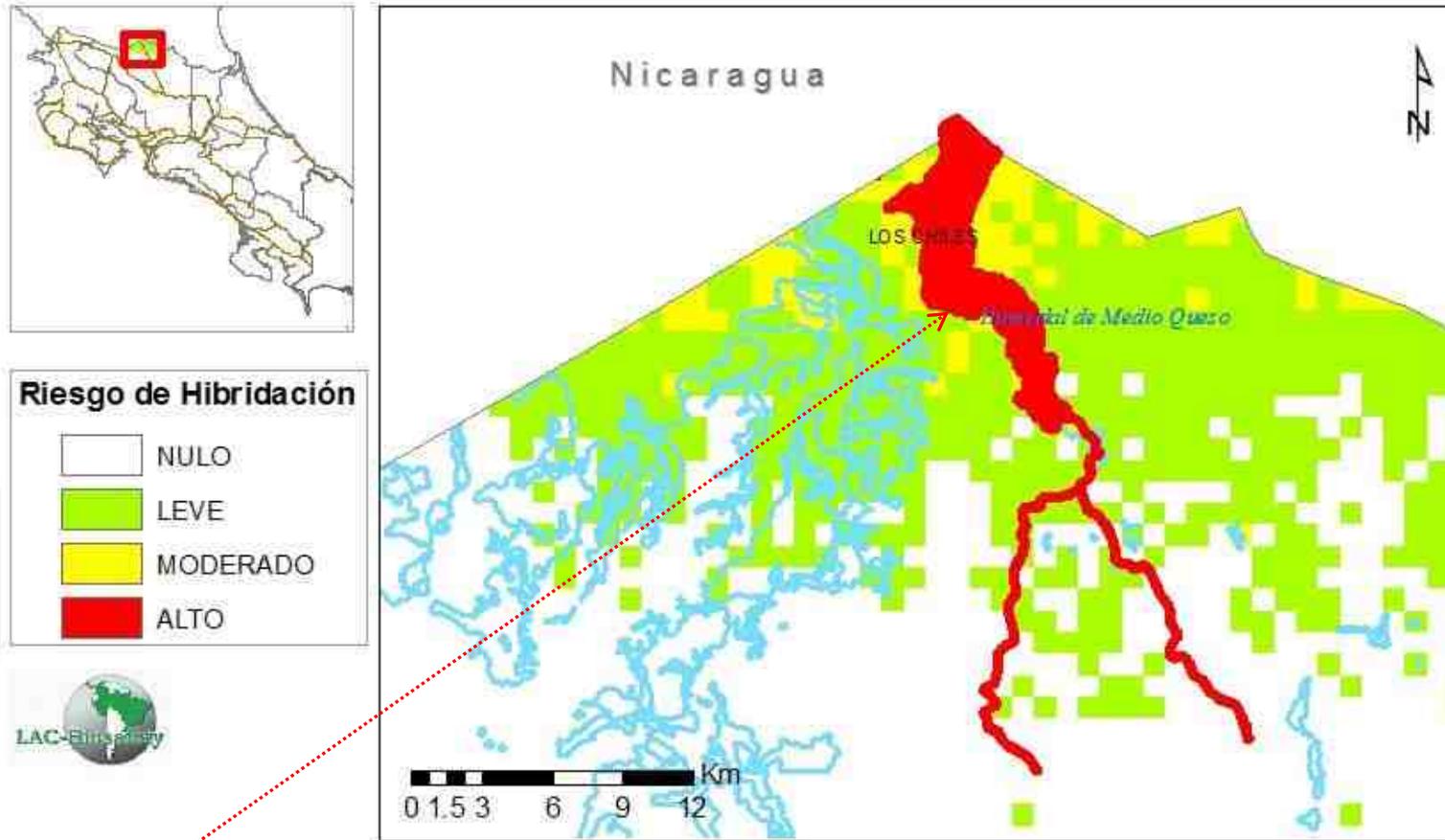
Matriz de “riesgo” de flujo genético entre arroz cultivado y arroz silvestre				
Presencia de arroz cultivado	Distribución potencial de <i>O. glumaepatula</i>			
	0 –50	50-65	65-75	>75
SI	NULO	LEVE	MODERADO	ALTO
NO	NULO	NULO	NULO	NULO

# Reclasificación de la distribución potencial de *O. glumaepatula* para establecer zonas de riesgo de hibridación



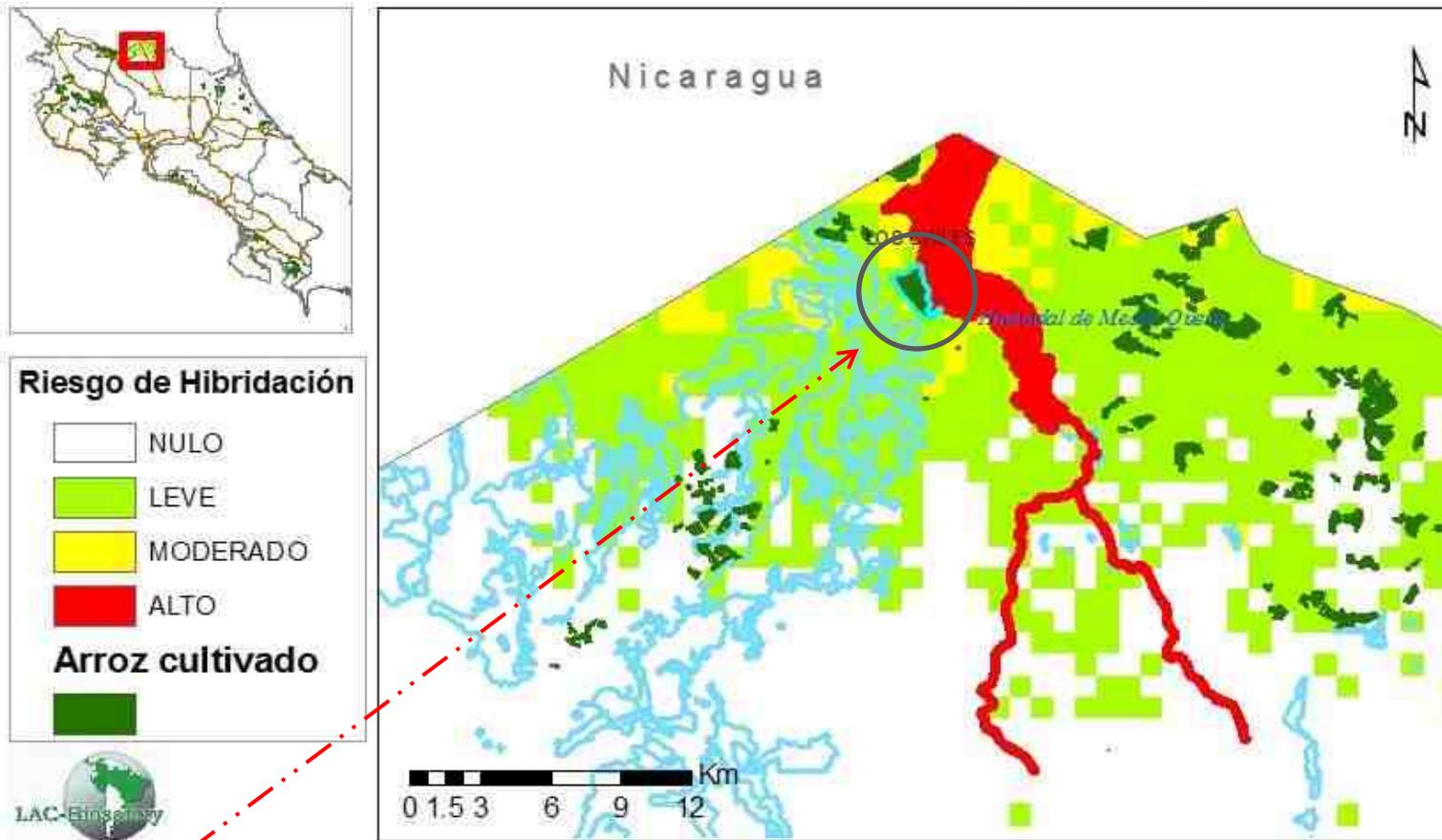
El área de alto riesgo se reduce a 200 Has. dentro del Humedal de Medio Queso.

Ampliación del área de riesgo de flujo de genes considerando dispersión de semillas por agua y movimiento de polen.



El área de alto riesgo se definió con un buffer de 200 m. alrededor del humedal y el Río Medio Queso

# Fincas arroceras dentro de áreas de “alto riesgo” de flujo de genes para *O. glumaepatula*.



Se logró identificar una finca de 202 Has, que representa riesgo de aporte de material genético que podría hibridizar a *O. glumaepatula*.

## Conclusiones:

- El uso de SIG y los modelos de distribución de especies son de utilidad para marcar áreas de riesgo potencial de flujo de genes entre especies cultivadas y sus parientes silvestres.
- El esquema utilizado con el cultivo de arroz se puede utilizar con otros cultivos.
- En el caso de Costa Rica solo la Zona Norte presenta riesgo moderado y alto de flujo de genes entre el arroz cultivado y sus parientes silvestres, particularmente en los alrededores del humedal de Medio Queso

A landscape photograph of a wetland area. In the foreground, there is a body of water with ripples. The middle ground is dominated by tall, dense grasses, some green and some brown, growing in a field. In the background, there is a line of trees under a cloudy sky. The text "Gracias por su atención" is overlaid in white on the grassy area.

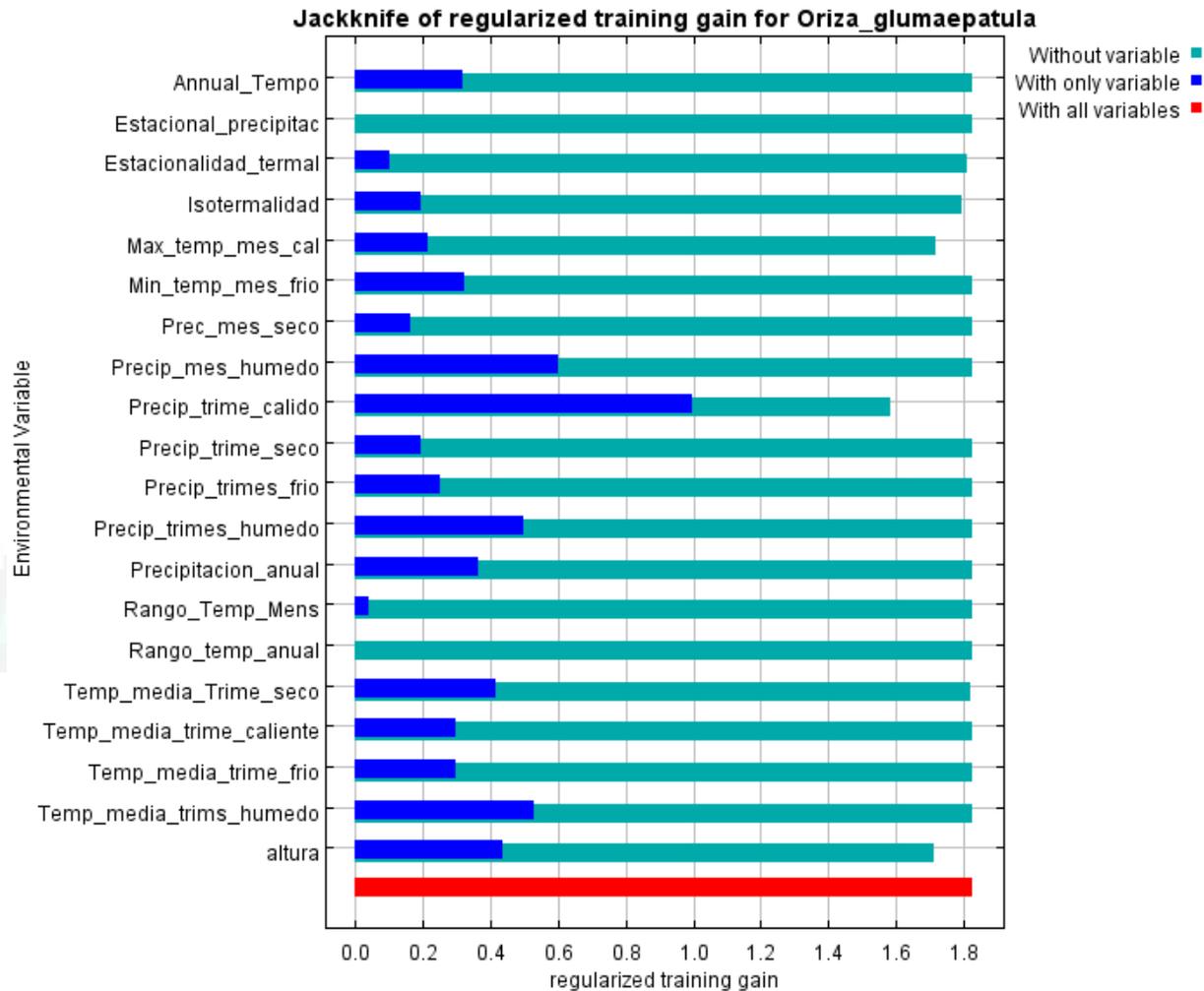
Gracias por su atención

Humedal de Medio Queso



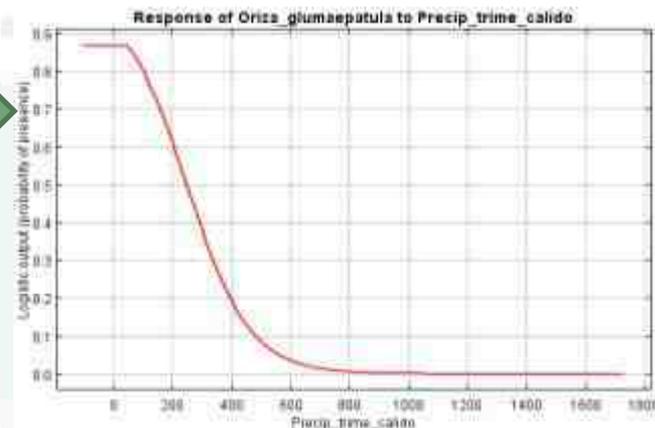
# LAC-Biosafety

El modelo Maxent provee un indicador estadístico de “jackknife” que permite valorar el efecto de cada variable sobre los resultados del modelo



Maxent provee información de la contribución de cada variable bioclimática en el desempeño del modelo y gráficas individuales de como se modifica la probabilidad de ocurrencia debido a cada una de las variables.

Variable	Contribución porcentual	Permutation importance
Precip_trime_calido	59.1	40.2
Rango_Temp_Mens	12.7	0
Altura	12.5	38.5
Precip_mes_humedo	5	0
Rango_temp_anual	4.7	0
Max_temp_mes_cal	2.8	20.2
Precip_trime_seco	1.2	0.5
Min_temp_mes_frio	0.7	0
Isotermalidad	0.6	0.5
Temp_media_trims_humedo	0.4	0
Estacionalidad_termal	0.3	0.1



# Mapeo de zonas arroceras

El mapeo se realizó con la colaboración de funcionarios de las regionales de CONARROZ quienes son responsables de llevar el registro de productores a nivel nacional.



# Distribución de especies nativas del género *Oryza* spp.



Zamora A. et al. 2003. Diversity of native rice specie of Costa Rica. Genetic Resources and Crop Evolution 50:855-870.

La información base proviene del inventario realizado por Zamora *et al* (2003) quienes identificaron y ubicaron las siguientes especies en Costa Rica



Espece	Longitud	Latitud
Oriza_glumaepatula	-85.61608	10.95189
Oriza_latifolia	-85.61389	11.07694
Oriza_latifolia	-85.36278	10.32694
Oriza_latifolia	-85.10250	10.96650
Oriza_latifolia	-84.90794	10.86164
Oriza_grandiglumis	-84.79783	10.86922
Oriza_grandiglumis	-84.79692	10.87114
Oriza_grandiglumis	-84.79692	10.87114
Oriza_grandiglumis	-84.79569	10.87781
Oriza_grandiglumis	-84.79561	10.86853
Oriza_grandiglumis	-84.79475	10.86722
Oriza_grandiglumis	-84.79381	10.86300
Oriza_grandiglumis	-84.79333	10.86442
.....	.....	.....

# MODELADO DE LA DISTRIBUCION DE ESPECIES



Para modelar las distribución de especies se utilizó el MAXENT (*máxima entropía*), un algoritmo que ha sido adaptado por Steven J. Phillips y colaboradores.

## Por qué MAXENT?

Los resultados indican que MAXENT es de los mejores algoritmos cuando se dispone de un número bajo de ubicaciones de muestreo.

Ha sido ampliamente utilizado para modelar la distribución de especies silvestres



# MODELADO DE LA DISTRIBUCION DE ESPECIES



Los fundamentos de MAXENT son los siguientes.

- La distribución de una especie se representa mediante una función de probabilidad  $P$  sobre un conjunto  $X$  de lugares en el área estudiada.
- Se construye un modelo de  $P$  mediante un conjunto de restricciones derivados de datos empíricos de presencia.
- La restricciones se expresan como funciones simples de variables ambientales conocidas,  $f(v)$ .
- El método que usa MAXENT obliga a que la media de cada función de cada variable esté próxima a la media real de la variable en las zonas de presencia.
- De las posibles combinaciones de funciones, se utiliza la que minimiza la función de entropía medida con el índice de Shannon.
- La forma general de la función de probabilidad es, para  $i$  variables ambientales:

Donde  $\lambda$  representa un vector de coeficientes,  $f(x)$  es el vector correspondiente de funciones.  $Z$  es una constante de normalización que se  $P(x) = e^{\lambda \cdot f(x)} / Z$  es la unidad.

