

**Impacto de las tecnologías
tradicionales frente a los
desafíos del cambio climático en
zonas del
secano chileno.**

Rafael Novoa

INIA

Cuadro 1.- Uso actual de la tierra

Uso	Superficie, ha	%
Total	75.665.320	100.0
Urbano	226.996	0.3
Agrícola	3.398.685	4.5
Riego	1.093.816	1.44
Secano	2.304.869	3.05
Praderas y matorrales	21.302.551	28.2
Recursos vocación ganadera	10.819.903	(14.29)
Bosques	1.6545.223	21.9
Otros	34.158.999	45.1

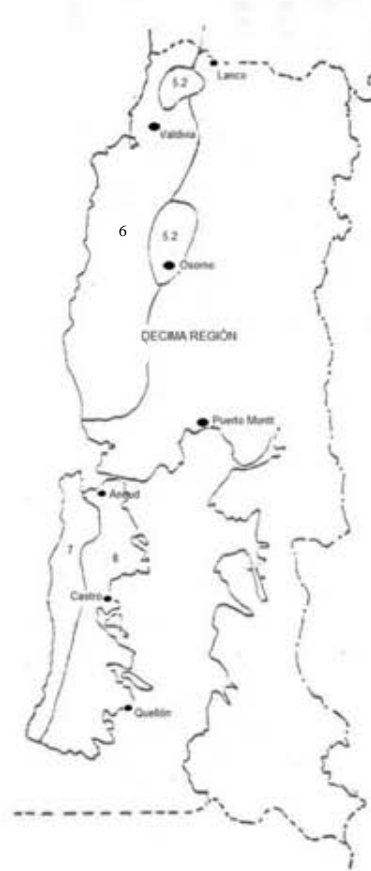
En la X región poniente y en casi todo Chiloé norponiente y oriente el secano es de clima marino fresco, con lluvias de unos 2000 mm anuales. En Chiloé sector sur poniente hay un sector de secano de clima marino frío. En las regiones XI y XII sector poniente, el secano es de clima Marino Frío recibiendo unos 2660 mm de lluvia y más al oriente hay un secano más seco con una lluvia anual de 420 mm. Mientras al oriente de Punta Arenas desde la latitud 51° a la 54° S y hasta el límite con argentina el secano es de clima Estepa Patagónica con lluvias anuales de unos 300 mm.

b.- El secano de veranadas. En la alta cordillera desde el sur de la III región hasta el Norte de la XI región, latitudes 29 a 44 S, hay un secano de clima Polar Alpino y de clima Tundra, agroclima Cordilleras central. Abarca unos 6.843.000 ha. donde se encuentra en forma dispersa sectores llamados “veranadas” las que acogen ganado en el verano, cuando las praderas de secano del llano central o de la precordillera se secan.

c.- El secano costero mediterraneo marino. Comprende la vertientes poniente de la cordillera de la costa más terrazas marinas. Se ubica de la Latitudes 30° a la 39° S y con lluvias entre 300 y 1380 mm. Zonas 1.1 ,1.2, 1.3, 3.1,3.2 (Novoa, 1987). Tiene unas 190.000 has arables y unas 186.914 clase VI. La agricultura de este secano produce trigo, avena, cebada, habas lentejas o chicharos que rotan con praderas naturales. También hay ganadería bovina y ovina.

ZONAS AGROECOLÓGICAS DEL SECANO COSTERO

V A X REGIONES



Suelos por capacidad de uso y zona. Ha

Zona	Secano arable Clase I a IV	No arable Clase V	Total
1.1	5.295	21.563	62.734
1.2	12.004	9.370	96.303
1.3	60.303	84.980	677.875
2	198.055	272.661	1.623.390
3.1	23.004	25.815	183.939
3.2	39.956	45.196	487.281
4.1	70.125	38.907	297.456
4.2	28.183	32.683	381.747
4.3	100.800	16.700	178.200
5.1	80.129	86.178	476.654
5.2	19.211	4.148	52.482
6	221.992	112.101	995.415
7	15.328	9.290	42.654
8	48.844	58.363	211.251
Total	910.251	848.855	5.676.881

- Límite regiones
- Límite Zonas
- Límite polo

Ubicado en la costa sur de la VIII región y norte de la IX. Latitudes $37^{\circ} 20' S$ a $38^{\circ} 30' S$. Tiene unas 70.125 has arables y unas 38.907 clase VI. Con lluvias de alrededor de 1.100 mm. Produce hortalizas, papas (zona 4.1) . Tambien hay ganaderia bovina y ovina en las praderas naturales.

f.- Secano costero interior marino húmedo patagónico. Ubicado en el secano interior al poniente del sector sur de la VIII y de la IX regiones. Latitudes 37° a $38^{\circ} 30 S$. Corresponde a la zona 5.1 de Novoa, 1987. Abarca unas 80.120 has arables y unas 2.296 clase IV. Con lluvias todo los meses de unos 2000 mm anuales.

Este secano coresponde al agroclima Nahuelbuta (Novoa y otros1989) y es principalmete de aptitud forestal. En los sectores arable son posibles el trigo, averna cebada y papas. Sus prederas son principalmene naturales y con una ganadería bovina y ovina.

g.- El secano del llano central Mediterraneo Marino y Mediterraneo Temperado, de la precordillera Andina baja.

Este se encuentra entre las regiones V a VIII. Latitudes 32° a 38 °S. El área arable de esta zona es de unos 3.000.000 ha y hay unas 2.668.000 clase VI. Las lluvias aumentan desde unos 300 mm en la V región a unos 1500 mm en la VIII región.

Este secano produce principalmente trigo, avena, cebada, raps, lupino que rotan con praderas naturales o praderas de trebol o ballica y tiene una ganadería bovina y ovina.

h.- El secano de la precordillera andina de clima marino húmedo patagónico.

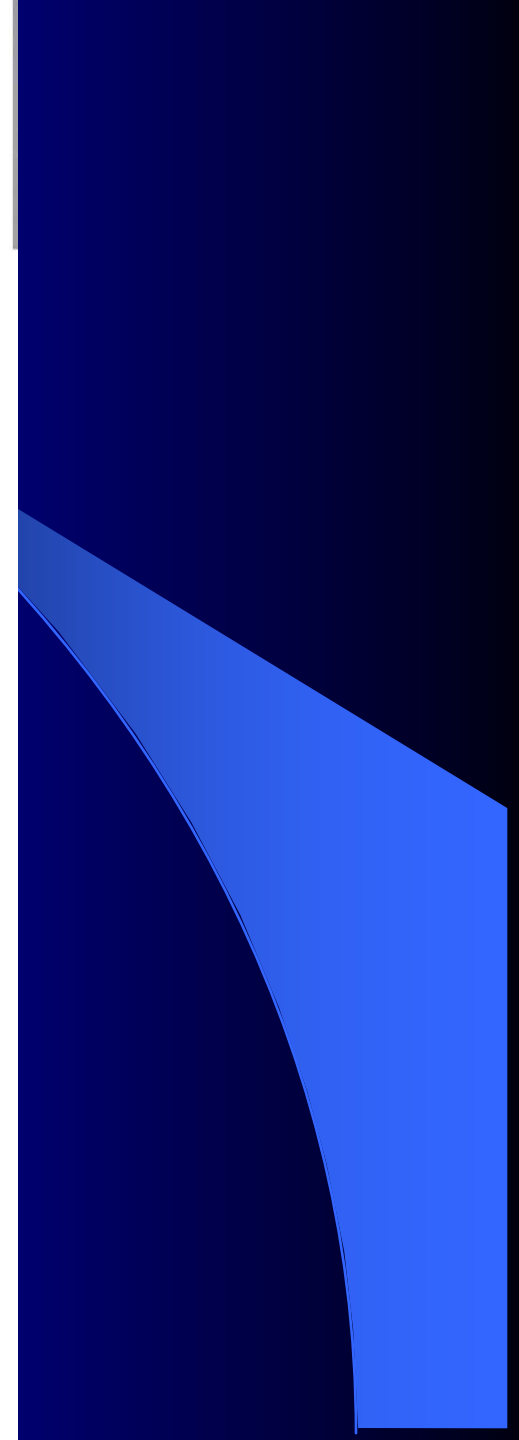
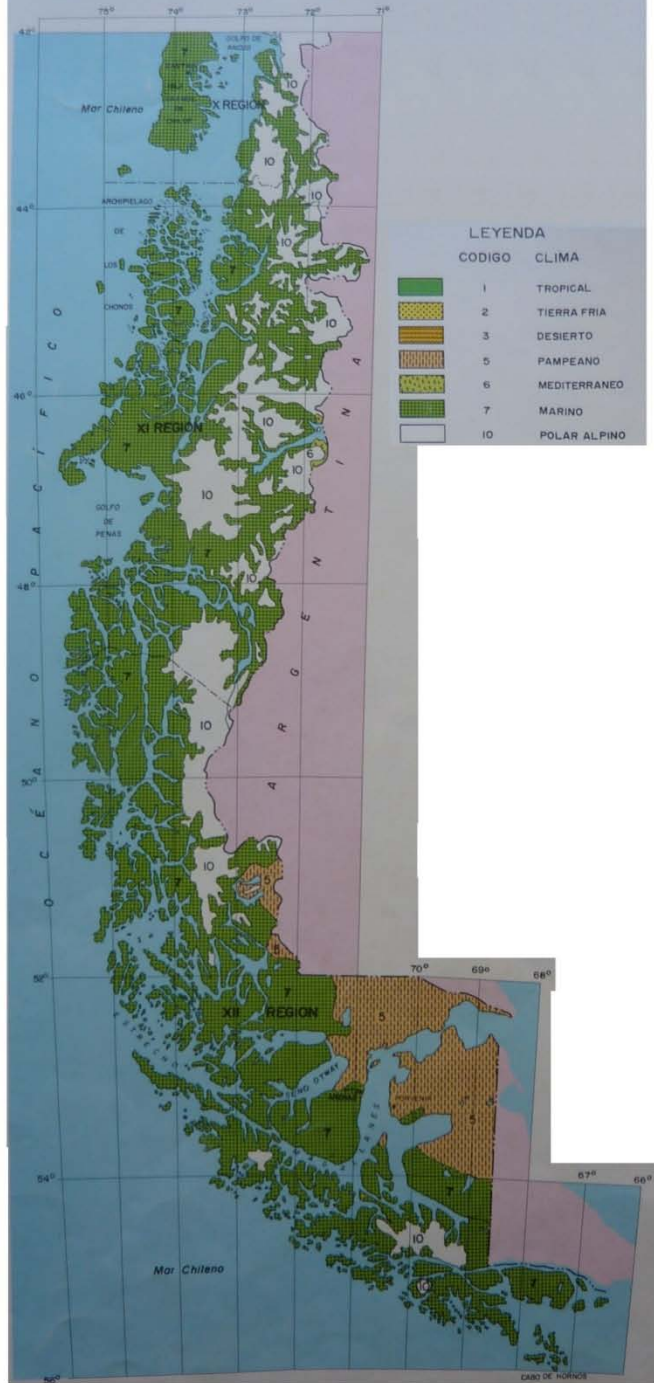
Se ubica en las regiones IX y X, entre las latitudes 38° y 41° S. Las lluvias entre varían entre 2000 y 2500 mm. Abarca unas 403.000 ha. Son posible los siguientes cultivos: Trigo, avena, cebada, raps, papas , lentejas, garbanzo, arveja, ajo, papas, brócoli, repollo. Su vocación es preferentemente ganadera bovina sobre praderas de festuca, trébol subterráneo, ballicas y praderas naturales.

i.- El secano costero mediterráneo frío. Ocupa unas 168.174 has arables y unas 92.531 clase VI. Latitudes 37° a 38° 43' S. Corresponde a las zonas 4.2, 4.3 y 5.2 del secano costero (Novoa, 1987). Con lluvias de alrededor de 1400 mm. En esta zona es posible cultivar trigo, avena, arvejas, raps, lino, papas y remolacha. También se puede cultivar frutales menores: frambuesas, moras, arándanos, frutillas, grosella, murta y otros. Tiene praderas naturales o de tréboles subterráneos, ballica, pasto oville, festuca, lotera, tréboles blanco y rojo con ganado vacuno.

j.- Secano Marino Fresco .

Corresponde al secano costero de la X región y al sector poniente norte y oriente de la isla de Chiloé. Latitudes 39° 50' S a 43° 30' S Con lluvias de 1900 mm anuales. Ocupa unas 262.836 has. Arables y 162.464 clase VI. En el es posible cultivar trigo, avena, arvejas, raps, lino, papas, remolacha.

También se puede cultivar frutales menores frambuesas, moras, arándanos, frutillas, grosella murta y otros. Su vocación ganadera es de ganado vacuno sobre praderas naturales, col forrajera tréboles subterráneos, ballica, pasto ovillo, festuca lotera, tréboles blanco y rojo.



Corresponde a los agroclimas Kampenaike y Oasy Harbour (Novoa y otros, 1989) abarca unos 5.545.000 has. Con lluvias de unos 300 mm anuales. Por ser un clima frío sus praderas (Stipas, Festucas) son de baja calidad nutricional. Sustenta una ganadería ovina.

Impacto de la agricultura de secano en el cambio climático.

El principal impacto de esta agricultura se debe a la emisión de gases con efecto invernadero. Estas pueden ser directas o

indirectas (IPCC, 2006).

Emisiones directas

- **De N₂O.**
- **El óxido nitroso (N₂O) se produce en forma natural en los suelos por los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación. Estas, con un potencial de calentamiento de 310 veces la del CO₂, son producidas por :**
 - **fertilizantes de N sintético. Así la Urea, por ejemplo, es transformada a NO₃ en el suelo por bacterias y en el proceso se libera N₂O**
 - **N orgánico aplicado como fertilizante (p. ej., estiércol animal, compost, lodos cloacales, desechos);**

- **N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo;**
- **N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluidos los cultivos fijadores de N₂ y de forrajes durante la renovación de las pasturas;**
- **La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales; y**
- **el drenaje/la gestión de suelos orgánicos (es decir, Histosoles).**

- De Metano, CH₄

Las de CH₄, con un potencial de calentamiento 21 veces la del CO₂, son producidas por:

- La fermentación entérica animal.**
- La gestión del estiércol.**

Cuando vacas, cerdos y gallinas son criados con fines comerciales, existen obviamente grandes cantidades de estiércol que se producen todos los días, por lo tanto las granjas tienen procedimientos para su tratamiento. La manera que se procesa el excremento es utilizando sistemas de tratamiento de estiércol y tanques.

El estiércol se descompone dentro de estos tanques que permanecen cerrados sin oxígeno.

Cuando material orgánico se descompone de forma anaeróbica (sin ingreso de oxígeno) se producen grandes cantidades de metano.

En este caso, la cantidad producida, depende de los procedimientos utilizados y de la cantidad de animales de granja que se comercializan.

Emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ son producidas por las quemadas de petróleo (laboreo del suelo, control de heladas), oxidación de materia orgánica, quema de biomasa.

Sin embargo, normalmente, la combustión de petróleo no se contabiliza bajo el área agricultura ya que es poca.

Emisiones de oxidos de N, NOx y los compuestos no volátiles no metano, COVNM.

Son muy pocas y solo las mencionamos sin discutir las.

Emissiones indirectas.

De N₂O

Por varias vías indirectas, incluidas la lixiviación y la escorrentía del N aplicado, la volatilización del N aplicado como amoníaco (NH₃), Urea y óxidos de nitrógeno (NO_x), seguidos por la deposición como NH₃ y NO_x en los suelos y en el agua. N₂O producido por la descarga del N procedente de los excrementos humanos en ríos o estuarios

- **N procedente de la deposición atmosférica de N.**
- **N orgánico aplicado (p. ej., estiércol animal, compost, lodos cloacales, desechos y otros abonos orgánicos)**

Cuadro 2. Emisiones de gases con efecto invernadero de la agricultura chilena

Gas		Ggr CO2 eq./año	%
	Total país	57.854,9	100,0
Metano	Proceso		
	Ferm. Ruminal	5.564,8	9,6
	Manejo estiércol	1.009,1	1,7
N2O	Directa	4.693,9	8,1
	Indirecta	1.459,9	2,7
	Pastoreo Directo	559,2	1,0
	Manejo estiércol apil.	1.304,8	2,3
	Quema residuos agric.	659,5	1,1

La tendencia entre 1984 y 2006 ha sido de un aumento de las emisiones de la agricultura de 11.000 a 13.700 Ggr de CO₂ eq. anuales.

Suponiendo un aumento lineal de las emisiones esta deberían llegar a unos 15.501 Ggr. al año 2015.

Basado en los datos del cuadro anterior y datos del censo agropecuario que indican que en los secanos chilenos hay un 80 a 90 % del ganado vacuno nacional, un 90 % de los ovinos y un 95 % de caprinos y camélidos. Por ello el grueso de las emisiones de CH₄ por fermentación ruminal y manejo del

estiércol al igual que el grueso de las emisiones de N₂O por pastoreo directo y manejo de estiércol apilado se produce en estos secanos.

En cuanto a las emisiones de N₂O: directas, indirectas, por quema de residuos agrícolas y parte de las emisiones por manejo del estiércol son también producidas en más de un 70% por los secanos.

Mitigación del las emisiones.

Por lo expresado anteriormente las emisiones principales de la agricultura chilena son las del N₂O (56.5%), luego las de metano (42.5%) y otras (CO₂, Covnm, 1% o menos). A continuación se resume algunas opciones de mitigación según el Watson, Ziyowera y Moss, 1996, Gerber et al 2013, Hristov et al. PNAS,2015, Bonilla y Lemus, 2012.

Tecnologías agrícolas para mitigar las emisiones de GEI y posibles reducciones de las emisiones anuales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso.

Reducción de las emisiones de CO₂.

- Reducción del uso de energía de combustibles fósiles en la agricultura previstas debido al mayor uso de labranza mínima o cero, secado de cultivos por energía solar y mejor gestión de fertilizantes.

- **Aumento de los sumideros de C**

- Aumento de C en el suelo mediante un mejor aprovechamiento de las tierras agrícolas existentes
- Restablecimiento de C en el suelo en tierras degradadas.
- Producción de biocombustible mediante cultivos especiales en tierras agrícolas existentes
- Agrosilvicultura
- Producción de bio-combustibles a partir de restos de cosechas.

- **-Reducción de las emisiones de óxido nitroso.**
- Inhibidores de la ureasa y de la nitrificación.
Mayor eficiencia en el uso de fertilizantes N.
Menor uso de fertilizantes nitrogenados (mejores tecnologías para la aplicación de nitrógeno, equilibrio entre el suministro de N y la demanda de cultivos).
Combinación de sistemas para maximizar la reutilización de estiércol en la producción de plantas

Conservación de N de residuos de plantas en el lugar de producción, y optimación de la labranza y el drenaje.

-Reducción de las emisiones de metano

- Mejor gestión del ganado rumiante.
- Mejor equilibrio entre calidad de la dieta y nutrientes.
- Mayor digestibilidad de los alimentos. Sustitución de pastos ensilado por maíz ensilado.
- Defaunación: esto es la eliminación o inhibición de protozoarios del rumen (lípidos o saponinas).

- Uso inhibidores producción de metano como el bromoclorometano a mostrado reducciones de 90 a 96 % en ovinos y 30 % en vaquillas.
- (lamentablemente este afecta la capa de ozono), cloroformo o 3NOP.

Uso aceptores de electrones. Los nitratos tienen potencial en este sentido pero se requiere mas información por sus posibles efectos adversos.

Uso de ionóferos. Moleculas que facilitan el paso de iones a través membranas bilipidicas celulares.

- Mejor genética animal y mejor reproducción
- Mejor gestión de abonos animales.
- Lagunas cubiertas

Gestión de nutrientes

- Ver anexo 2 del Gerber et al. 2013. con resumen de opciones de mitigación, página 161.

- Conclusiones

- 1.- Las emisiones de N₂O y metano son el principal impacto de las tecnologías tradicionales producidas por la agricultura chilena. El grueso de ella son producidas en el secano nacional.
- 2- Estas emisiones pueden ser reducidas en forma muy significativa si se adopta las numerosas formas de mitigación conocidas.