

Los ciclos en los Agroecosistemas: nutrientes, carbono y agua.

Curso de Agroecología 2020

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

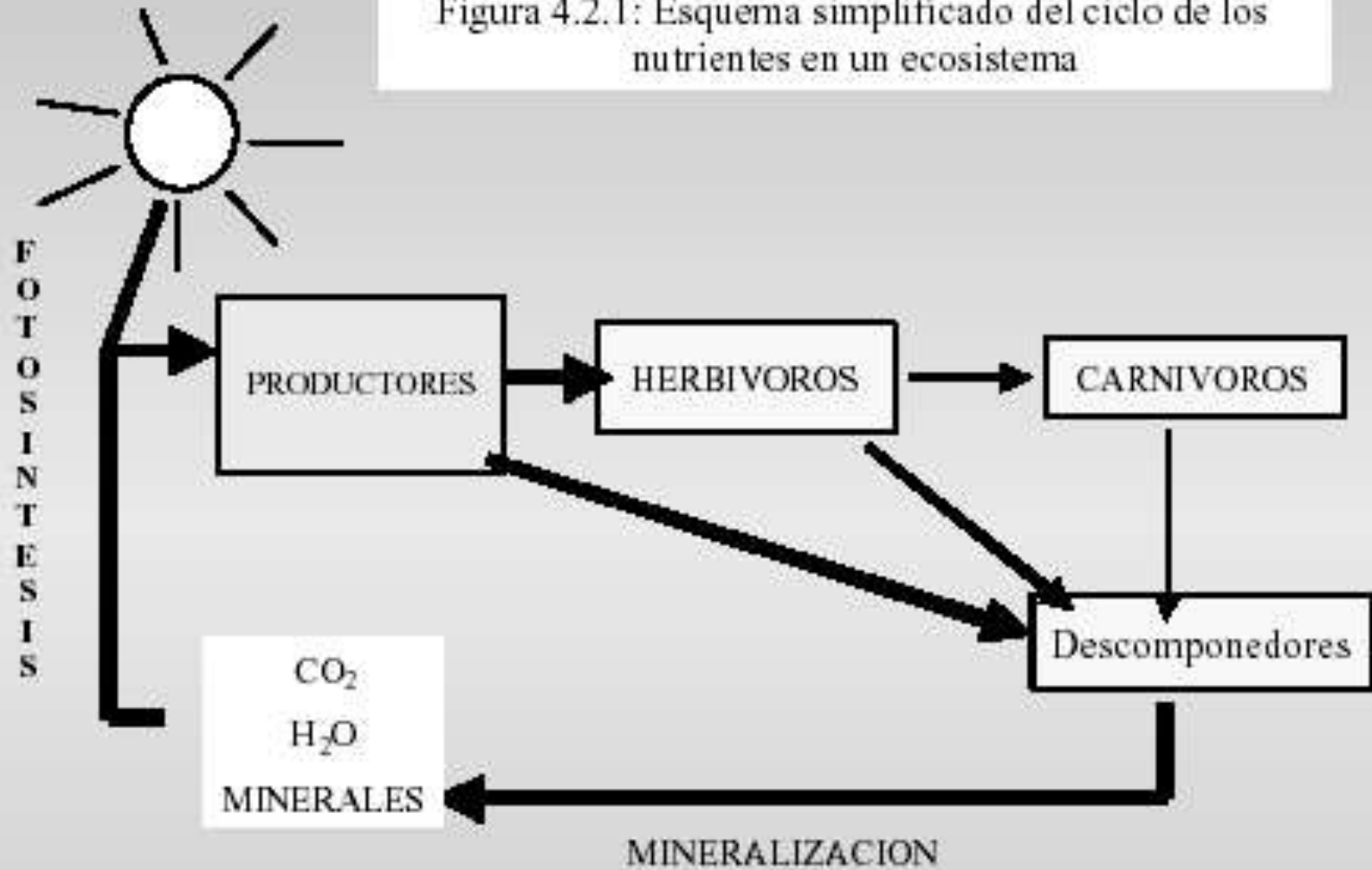
Universidad Nacional de La Plata.



CONTENIDO

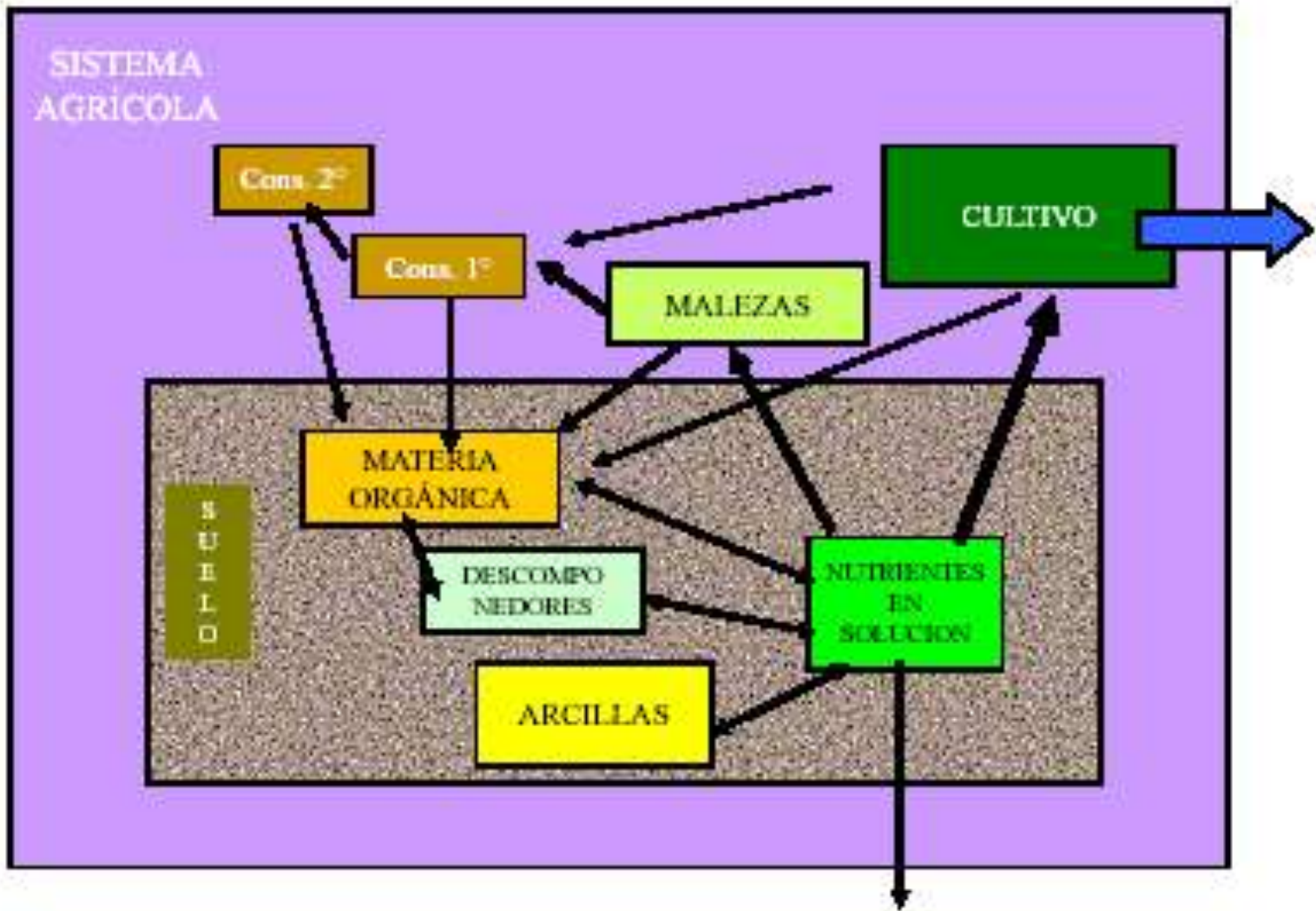
- Ciclos biogeoquímicos en ecosistemas naturales y agroecosistemas. Ciclo de los nutrientes. Diferencias y similitudes.
- Importancia en el manejo de nutrientes para los cultivos.
- Balance de nutrientes
- Relación de algunas prácticas de manejo sobre los flujos de nutrientes.
- Carbono y agua. Huella hídrica.

Figura 4.2.1: Esquema simplificado del ciclo de los nutrientes en un ecosistema



Fuente: Lewis (2001) Modificado

FIGURA 4.2.4: COMPONENTES Y FLUJOS DE NUTRIENTES EN UN SISTEMA AGRÍCOLA



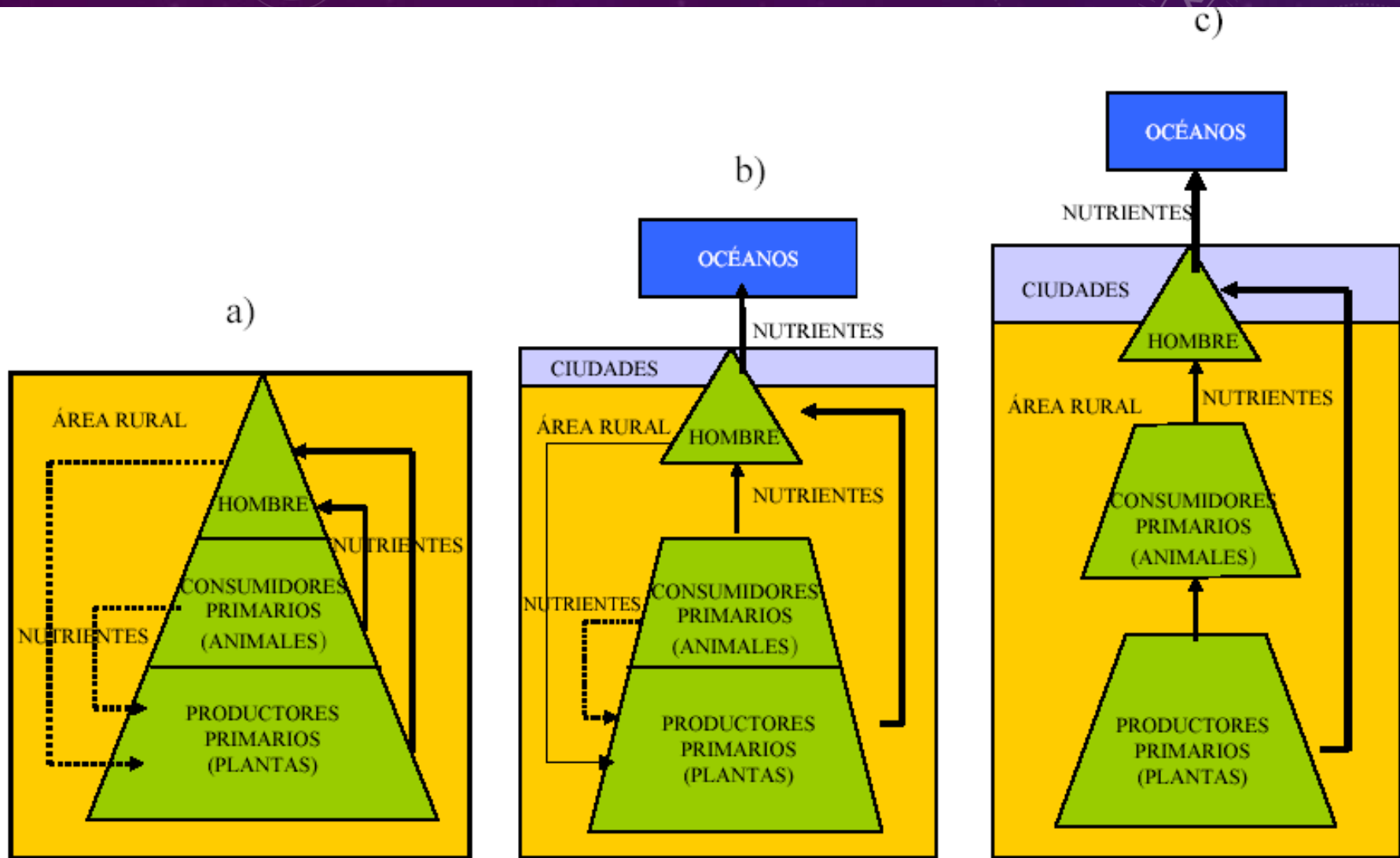


Figura 4.2.3: El ciclo de los nutrientes en distintos momentos desde el inicio de la agricultura. a) Pre-agricultura e inicio de la agricultura. (ciclo cerrado). b) Comienzo del auge de las ciudades (ciclo semi-cerrado). c) Agricultura Industrializada (ciclo abierto). Modificado de Magdoff et al., (1997).

La agricultura y el ciclo de nutrientes

La agricultura “modifica” los ecosistemas naturales con el fin de producir alimentos y fibras.

Gran parte de ellos no son consumidos dentro de los propios agroecosistemas (mercado).

Esto implica una apertura del ciclo de los nutrientes, a través de los productos de cosecha:

granos, leche, huevos, carne, lana, tubérculos, frutas, pastos, fardos, rollos, flores.

La agricultura y el ciclo de nutrientes

Los agroecosistemas modernos son sistemas “abiertos” a los nutrientes.

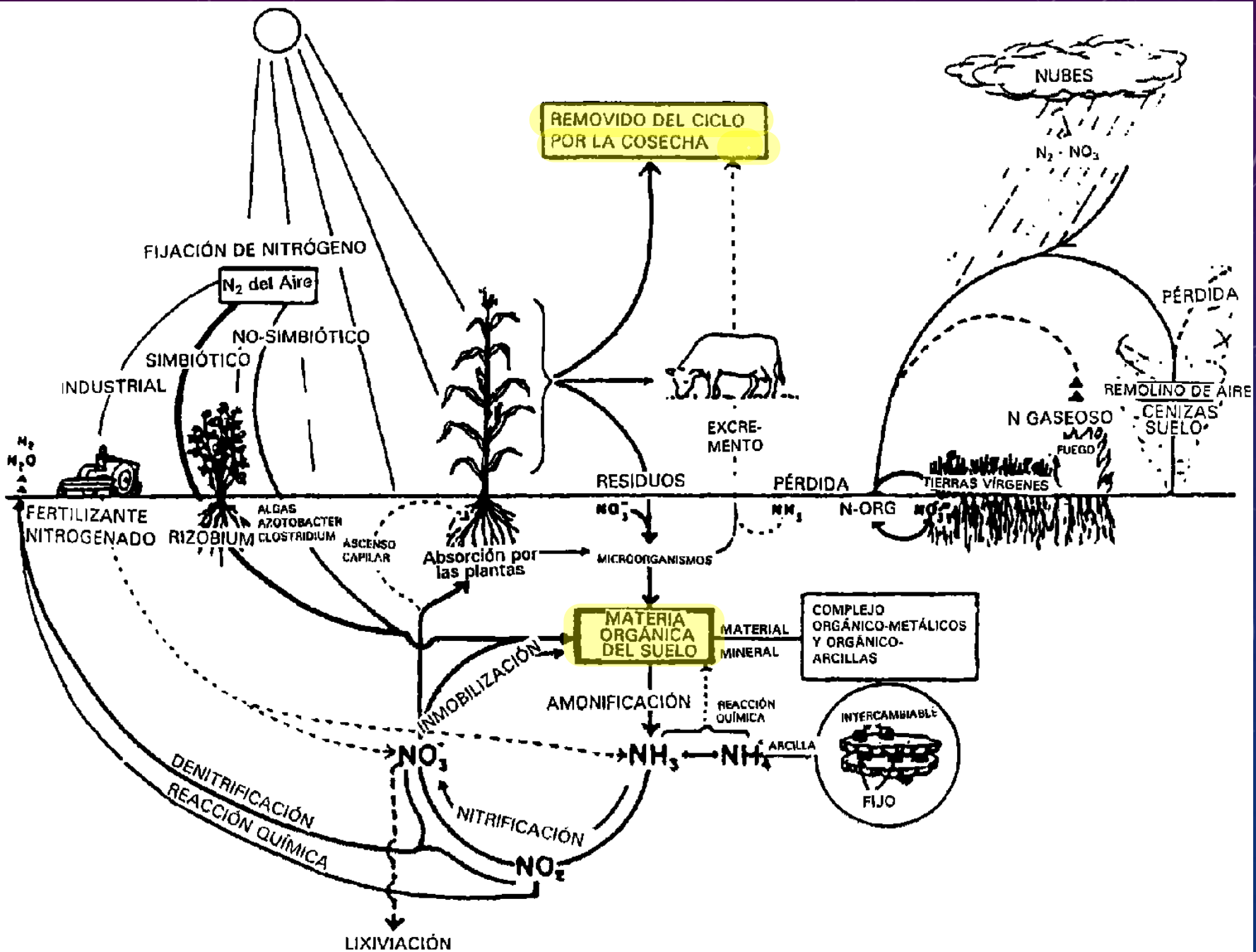
A diferencia de un ecosistema natural, un agroecosistema generalmente no puede “autoabastecerse” de nutrientes: requiere la incorporación de nutrientes externos al mismo para compensar las salidas.

Balance de nutrientes

Un manejo sustentable implica, entre otras cosas, mantener o aumentar la dotación de nutrientes

Entradas y salidas de nutrientes en un agroecosistema
(Stoorvogel, 2000)

Entradas	Salidas
Fertilización mineral	Productos cosechados
Fertilización orgánica	Residuos de cultivo
Deposición seca y húmeda	Lixiviación
Fijación de nitrógeno	Pérdidas gaseosas
Sedimentación	Erosión de suelo



**Table 2—N fluxes in selected agroecosystems in the United States
(Thomas & Gilliam, 1978).**

	Maize for grain, northern Indiana	Soybeans for grain, northeast Arkansas	Wheat, central Kansas	Potatoes, Maine	Cotton California
	kg of N ha ⁻¹				
<u>N inputs</u>					
Fertilizer	112	--	34	168	179
N ₂ fixation	t†	123	t	t	t
Irrigation water and flooding	10	--	--	--	50
Atmospheric deposition	--	10	6	6	3
Crop residue	41	30	20	65	48
Total inputs	163	163	60	239	280
<u>N outputs from soil</u>					
Net plant uptake	126	120	56	145	127
Denitrification	15	15	5	15	20
Volatilization	t	t	t	t	t
Leaching	15	10	4	64	83
Runoff (inorganic N)	6	3	1	5	50
Runoff (organic N)	10	13	4	10	t
Wind erosion (dust)	--	t	t	t	t
Total outputs	172	161	70	239	280
N inputs – N outputs	–9	2	–10	0	0

† t = trace amounts.

Hauck y Tanji, 1982

Ruben Alvarez, AER Trenque Lauquen, EEA INTA, General Villegas (2009-2010)

Tabla 1: consumo de nutrientes, kg/ tonelada en grano y carne, kg/litro en leche.

CONSUMO	TRIGO	SOJA	MAIZ	GIRASOL	LECHE	CARNE
N	20,6	48,0	13,2	21,3	0,0050	24,5
P	4,0	5,4	2,7	6,0	0,0097	7,2
S	1,7	2,8	1,2	2,0	0,0000	1,5
CA	0,4	2,6	0,2	1,2	0,0115	12,7
MG	2,5	3,1	1,4	2,7	0,0010	0,0
K	4,0	16,7	3,5	5,0	0,0154	1,7

¿Cómo calculo los nutrientes ?

Planilla de calculo

¿Y LA PRODUCCIÓN DE CARNE?



10 kg | 5.2 kg | 0.6 kg | 0.6 kg | 2.7 kg

N | CA | MG | S | P

Figura 2. Cantidades aproximadas de nutrientes primarios y secundarios presentes en un novillo de 400 kg. (Cálculos basados en las estimaciones de varias fuentes. Adaptado de Southern Forages, 4th Edition. Ball, Hoveland y Lacefield, 2011)

Extracción y reposición y balance de Nutrientes (Kg/Ha) para diferentes rendimientos en los principales cultivos de la Región Pampeana Argentina.

Año 2002-03

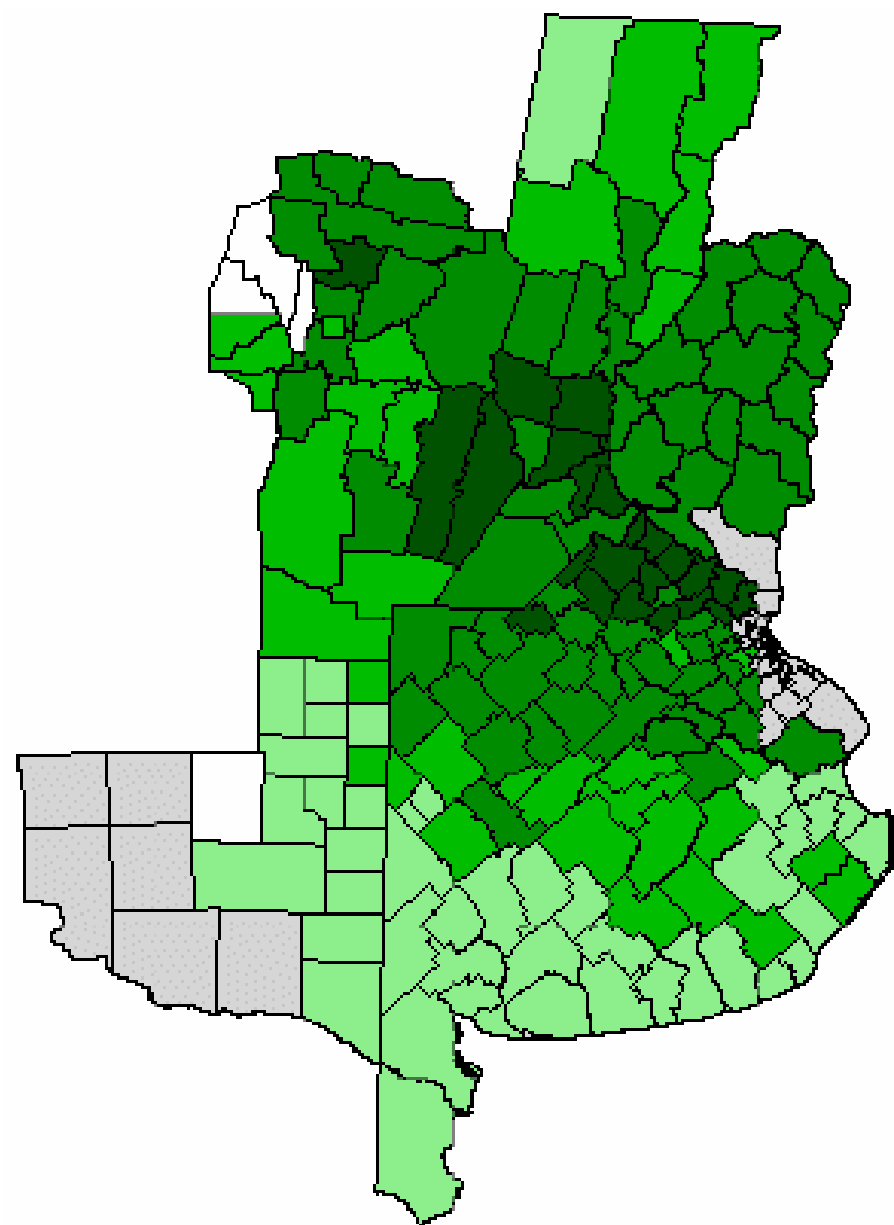
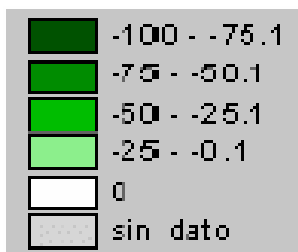
Fuente Darwich (2003)

Cultivo	Rinde	N			P			S		
		Extrac. N	Fert N	Balance N	Extrac. P	Fert. P	Balance P	Extrac. S	Fert S	Balance S
Soja	3.500	210	0	-105	24	12,0	-12	16,5	8,0	-8,5
Maíz	8.000	120	70	-50	24	18,0	-6	14,5	0	-14,5
Trigo	4.000	80	55	-25	15	14,0	-1	4,4	3,0	-1,4
Girasol	2.500	68	30	-38	10	8,0	-2	4,75	0	-4,75
Alfalfa	10.000	250	0	-75	25	16,0	-9	35,0	0	-35,0

Balance de N para los cultivos de grano

Estimado 2002/03

kg/ha

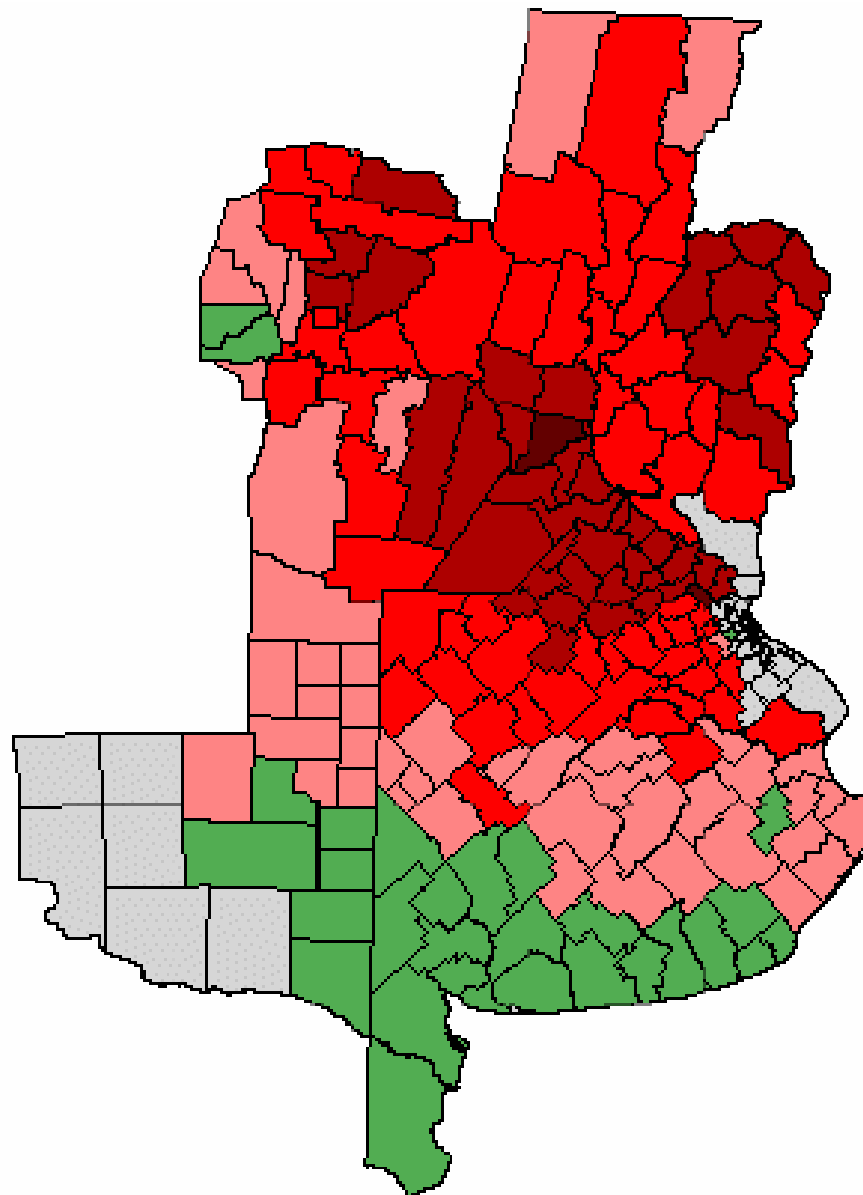


Elaborado a partir de información de
Fundación Producir Conservando
Mapas desarrollados con ArcView®

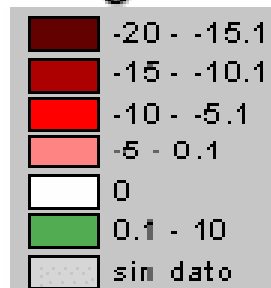


Balance de P para los cultivos de grano

Estimado 2002/03



kglha



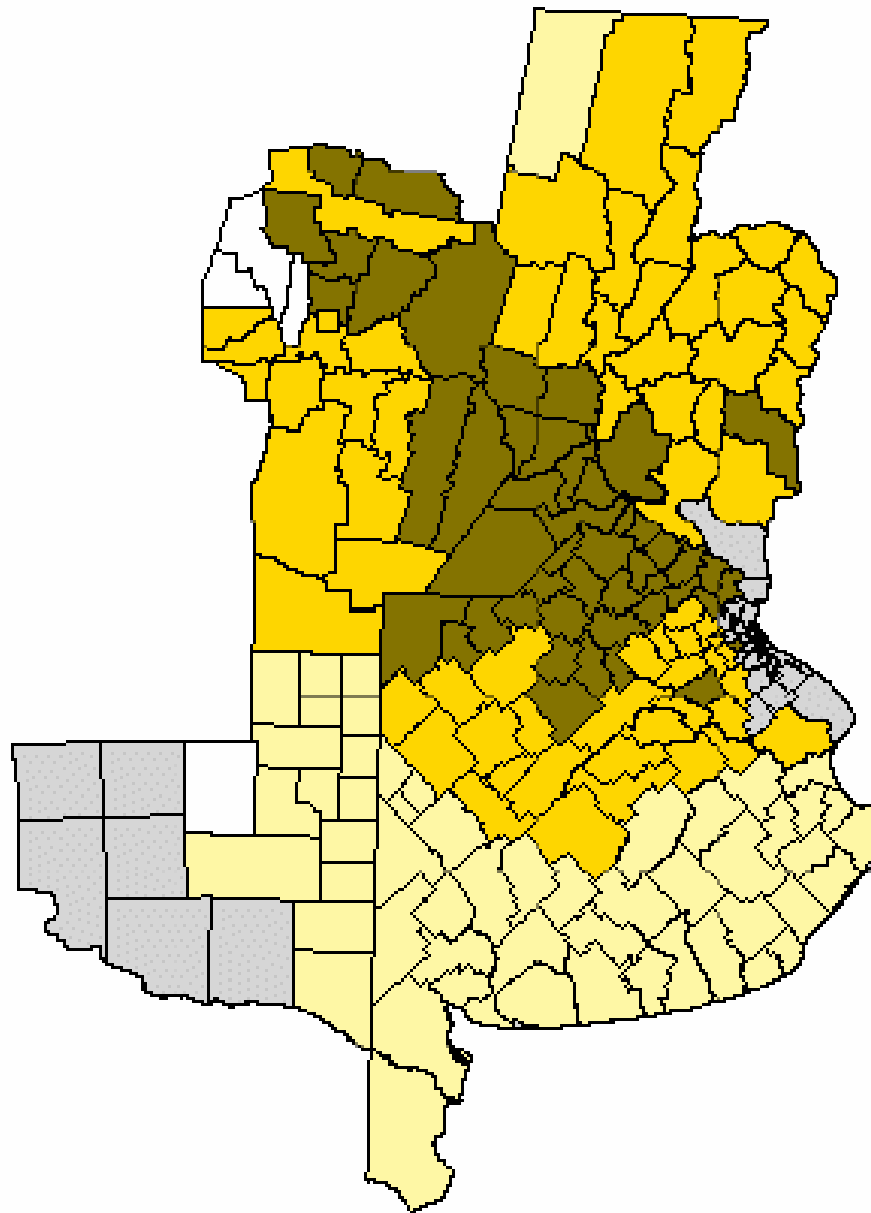
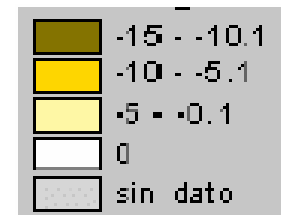
*Elaborado a partir de información de
Fundación Producir Conservando
Mapas desarrollados con ArcView®*



Balance de S para los cultivos de grano

Estimado 2002/03

kg/ha



*Elaborado a partir de información de
Fundación Producir Conservando
Mapas desarrollados con ArcView®*



Margen bruto, costo de reposición de nutrientes (N,P,K) y margen bruto recalculado (en pesos), para los cultivos de trigo, maíz y soja en la Región Pampeana Argentina. Promedio de las décadas del '80 y '90.

Datos: Flores & Sarandón, 2003

	Trigo	Maíz	Soja
Margen bruto	115	260	295
Costo de reposición	23	49	61
Margen bruto recalculado	92	211	234
% de variación	- 20	- 19	- 21

El Costo de la pérdida de Nutrientes (R Alvarez, Memoria Técnica INTA, 2009-2010)

Tabla 2: márgenes brutos medios a precios actuales

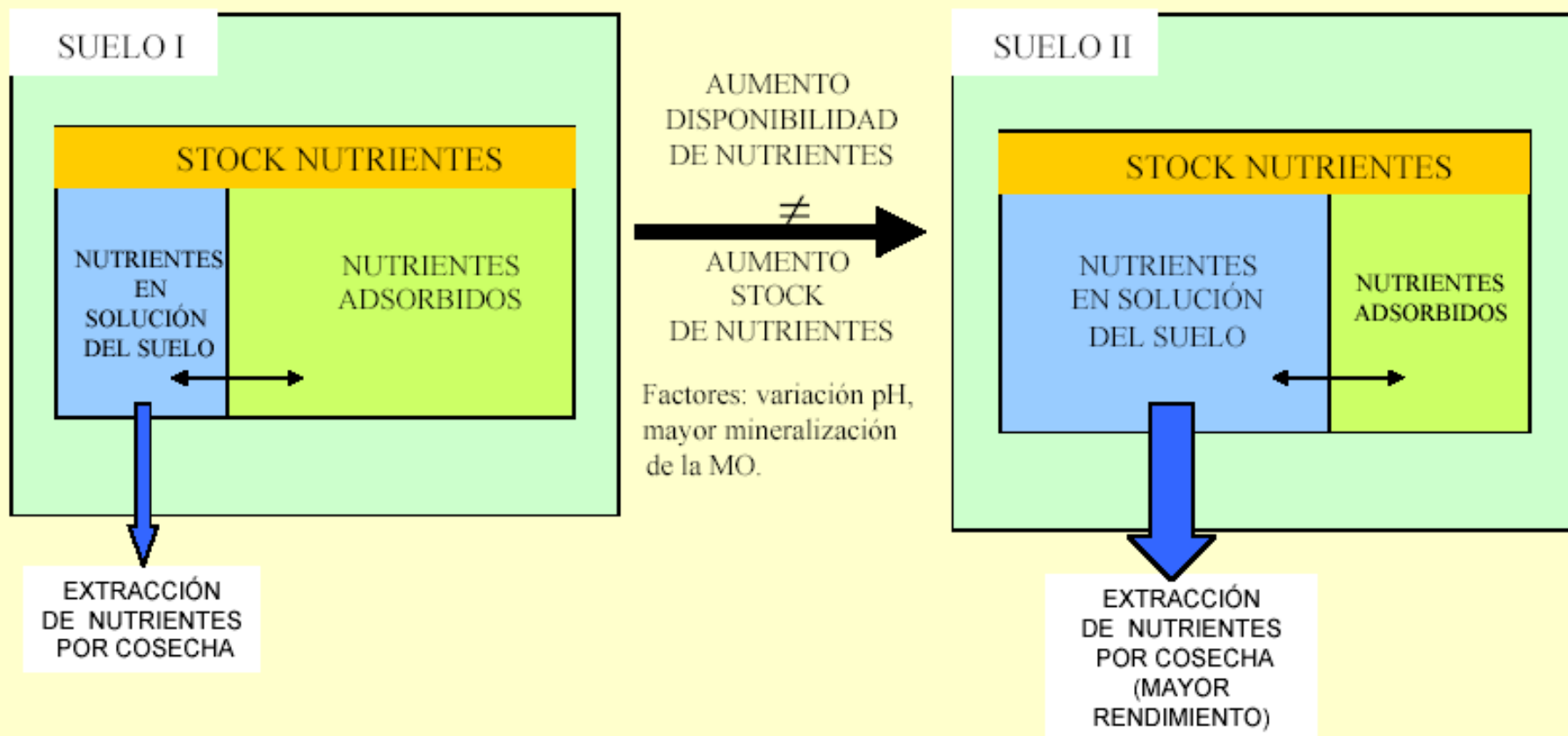
	TRIGO	SOJA	MAIZ	GIRASOL	LECHE	CARNE
Rendimiento kg/ha	3500	3000	9000	2200	5700*	450
Ingreso Neto	1405	2077	2408	1978	7975	4890
Costos Directos	910	809	1368	793	4625	3575
MARGEN BRUTO	495	1258	1040	1185	3350	1315

* l/ha.

Tabla 3: márgenes brutos incluyendo reposición de nutrientes

	TRIGO	SOJA	MAIZ	GIRASOL	LECHE	CARNE
MARGEN BRUTO I	495	1258	1040	1185	3350	1315
Costo restitución	164	413	608	256	628	47
MARGEN BRUTO II	332	846	432	929	2722	1268

Figura 4.2.6: **Diferencia entre “stock” y disponibilidad de nutrientes.** A igual stock de nutrientes (suelos I y II), en el suelo II hay mayor disponibilidad (nutrientes en solución) que en el suelo I. El mayor rendimiento esperado en el suelo II determinará una extracción mayor de nutrientes. Por lo tanto, de no haber reposición, se producirá un agotamiento más rápido del stock de nutrientes.



¿Cómo debe ser un manejo eficiente de nutrientes?

The background is a dark blue gradient with faint, light blue technical graphics. On the right side, there are several circular elements: a large semi-circular scale with numerical markings from 0 to 210, and several concentric circles with arrows indicating a clockwise direction. In the bottom left corner, there are also some circular lines and arrows. The overall aesthetic is clean and technical.

Manejo Eficiente de nutrientes

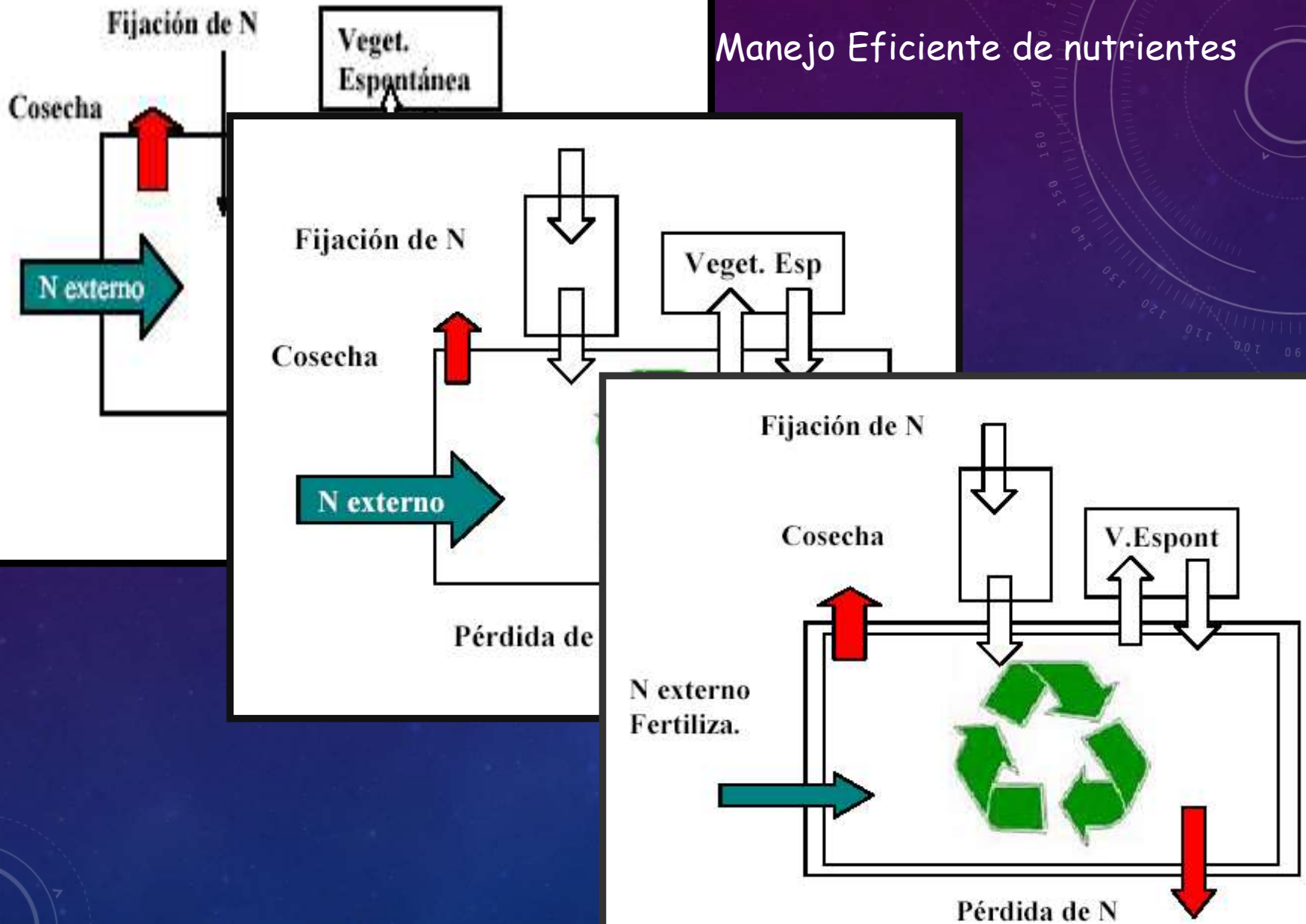


Table 3. Animal stocking rate, pasture production N inputs and outputs from intensive dairy farm systems based on legume–grass pastures in New Zealand. Comparison is made with (400 kg N ha⁻¹ year⁻¹ as urea) and without N application . Values in brackets are the range of N flows measured over five years. After Ledgard (2001)

System component	Without N application	Application of 400 kg N
Cows ha ⁻¹	3.3	4.4
Total pasture (t Dm ha ⁻¹ year ⁻¹)	16	20
% Clover in pasture	15	5
<i>N inputs (kg ha⁻¹ year⁻¹)</i>		
Clover BNF	160 (80–210)	40 (15–115)
Asymbiotic BNF + deposition	5	5
Fertilizer	0	400
Purchased feed	0	41
<i>N outputs (kg ha⁻¹ year⁻¹)</i>		
Milk and meath	76 (68–83)	114 (90–135)
Transfer of excreta to roads	53 (41–63)	77 (72–91)
Denitrification	5 (3–7)	25 (13–34)
NH ₃ volatilisation	15 (15–17)	68 (47–78)
Leaching	30 (12–14)	130 (109–137)
Immobilisation fertilization N	0	70 (60–84)
<i>N balance (kg N ha⁻¹ year⁻¹)</i>	-16 (-17 to +47)	12 (-11 to +24)
<i>Kg N lost/ kg N in product</i>	1.4	2.6

Table 5

Estimates of external energy inputs for fertilized pasture treatments (A/G + F, G + F)

	Alfalfa/meadow bromegrass		Meadow bromegrass-only	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Fertilizer input (kg ha ⁻¹) ^a	22	29	96	15
External energy input (MJ ha ⁻¹ y ⁻¹) ^b	1862		6751	

^a Fertilizer input averaged over 1995–1998 (Table 1).

^b Estimated based on energy coefficients for fertilizer N (68.4 MJ kg⁻¹) and P₂O₅ (12.3 MJ kg⁻¹) (Zentner et al., 1998).

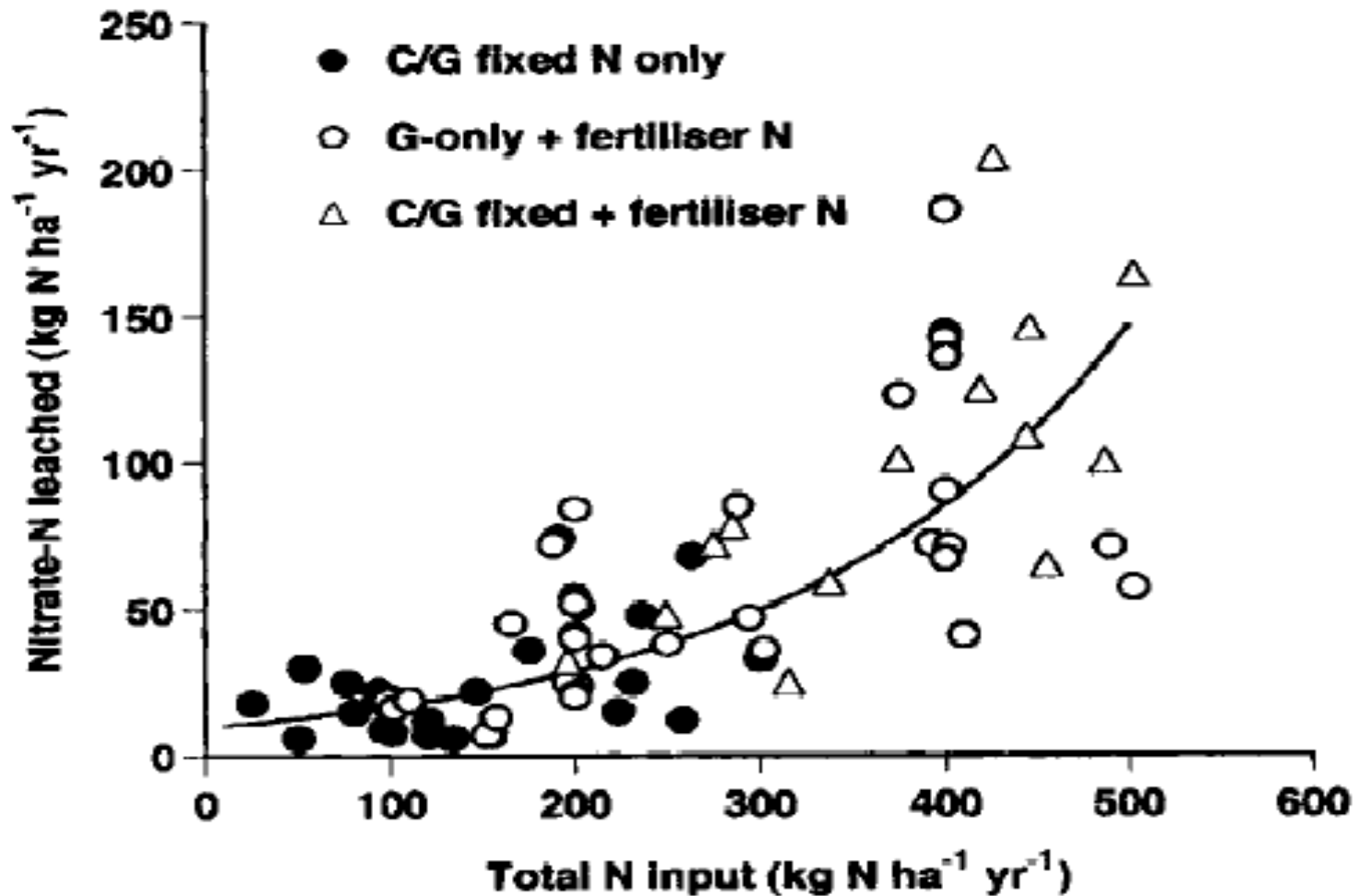


Figure 2. Nitrate leaching from grazed clover–grass or grass only pastures as affected by total N input from N₂ fixation or N fertiliser application. C–Clover; G–Grass. Data are summarised from studies in New Zealand, France and UK. Source: Ledgard (2001).

¿CUÁNTO N PODEMOS FIJAR
BIOLÓGICAMENTE?

Cultivo	Nitrógeno fijado (kg ha ⁻¹)	Referencia
Alfalfa	78-222	Heichel, 1987
Maní	87-222	Ratner <i>et al.</i> , 1979
Caupí	65-130	Alexander, 1977
Arveja	174-195	Heichel, 1987
Soja	170-217	Thurlow & Hiltbold, 1985
Lotus	49-112	Heichel, 1987
Garbanzo	24-84	Heichel, 1987
Poroto	70-124	Rennie & Kemp, 1984
Haba	177-250	Heichel, 1987
Vicia villosa	111	Heichel, 1987
Trébol blanco	164-187	Heichel, 1987
Lenteja	167-188	Heichel, 1987
Trébol rojo	68-113	Heichel, 1987
Lupino	193-247	Larson <i>et al.</i> , 1989
Sesbania sp.	267	Rinaudo <i>et al.</i> , 1983

EL BALANCE DE CARBONO

- El carbono es un nutriente esencial para la producción agropecuaria. Hay un ciclo del carbono.
- Es la materia orgánica del suelo. Otorga muchas de sus propiedades.
- ¿Cómo se incorpora al suelo? ¿Cómo entra a nuestro sistema?
- ¿Cómo se nos va?
- ¿qué estrategias lo favorecen o lo disminuyen?

HUELLA HÍDRICA O AGUA VIRTUAL



AGUA Y AGRICULTURA

- El agua es un recurso básico para la humanidad y para la agricultura.
- La agricultura es la actividad humana que hace un mayor consumo del agua.
- Un 70 % del uso consuntivo del agua es para la agricultura.
- La especie producida (trigo, arroz, maíz, soja, tomate, etc..) y la modalidad de cultivo influyen en el uso del agua.

HUELLA HÍDRICA (WATER FOOTPRINT)

- Es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor. (Arjen Y. Hoekstra).
- Es el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o comunidad. Ej. Litros /kilo de trigo.

HUELLA HÍDRICA

- La producción de un kilo de ternera requiere 16.000 litros de agua.
- Para producir una taza de café se necesitan 140 litros de agua.
- La huella hídrica de China es alrededor de 700 metros cúbicos por año per capita. Solo cerca del 7% de la huella hídrica de China proviene de fuera de China.
- Japón tiene una huella hídrica total de 1150 metros cúbicos por año per capita, alrededor del 65% de esta huella proviene de exterior del país.
- La huella hídrica de EEUU es 2.500 metros cúbicos por año per capita.

Huella Hídrica

La siguiente tabla se muestra la huella hídrica de algunos productos:



75 L
Taza de naranja (200 ml)



120 L
Copa de vino (100 ml)



200 L
Taza de leche (200 ml)



500 L
Un kg de naranja



700 L
Un kg de manzana



2000 L
Cambio de ropa (200 g)



2400 L
Hamburguesa (100 g)



8000 L
Pasta (200 g)



Acciones sencillas para reducir el nivel del AGUA.



Colocar una cubeta bajo la regadera para recolectar el agua mientras se entibia.



Evitar el consumo de comida chatarra.



No dejar correr el agua en el lavabo al afeitarse o lavarse las manos.



Utilizar un vaso para el lavado de dientes.



Usar un sistema de Reciclaje y no permitir que entre basura a las fuentes de agua.

The digital version of the popular poster



VIRTUAL WATER

RAUREIF

FOOD PRODUCTS

  **Beef**
15,000 liters/kg



  **Sheep Meat**
6,100 liters/kg

  **Pork**
4,800 liters/kg

  **Goat Meat**
4,000 liters/kg

  **Chicken**
3,900 liters/kg

  **Egg**
3,300 liters/kg

  **Barley**

Se Necesitan...

70  litros de agua para producir una manzana

50  litros de agua para producir una naranja


90  litros de agua para una taza 750 ml de té

450  litros de agua para producir 500 grs de Maíz

200  litros de agua para una un solo huevo

650  litros de agua para producir 500 grs. pan

150  litros de agua para una botella 500 ml de cerveza

4500  litros de agua para un bistec de 300 grs.

185  litros de agua para una bolsa de frituras

1170  litros de agua para un filete de 300 grs de pollo

500  litros de agua para producir 500 grs. de trigo

720  litros de agua para una botella de vino

1440  litros de agua para un filete de 300 grs de cerdo

1000  litros de agua para un litro de leche

2500  litros de agua para producir 500 grs de Queso

840  litros de agua para producir una jarra de cafe

1700  litros de agua para producir 500 grs. de arroz

1830  litros de agua para producir 300 grs de filete de carnero



Composición huella hídrica

- **Azul:** Es el volumen de agua dulce extraída de un cuerpo de agua superficial o subterránea y que es evaporada en el proceso productivo o incorporada en un producto.
- **Verde:** Es el volumen de agua de precipitación que es evaporada en el proceso productivo o incorporada en un producto. No compite con el uso humano.
- **Gris:** Es el volumen de agua contaminada, de agua requerida para diluir los contaminantes hasta el punto en que la calidad del agua sea aceptable.



*Huella Hídrica Azul
Claro (Agua
Superficial)*



*Huella Hídrica Azul
oscuro (Agua
Subterránea libre
o renovable*)*



*Huella Hídrica
negra. (Agua
Subterránea fósil
**)*



*Huella Hídrica
Verde (Agua
Precipitada)*



*Huella Hídrica
Gris (Agua
Contaminada)*

Para la elaboración de 1 Naranja se utilizan 80 litros de agua



Para la elaboración de 1 Manzana se utilizan 125 litros de agua



Table 3. Global average water footprint of primary crops and derived crop products. Period: 1996–2005.

FAOSTAT crop code	Product description	Global average water footprint (m ³ ton ⁻¹)			
		Green	Blue	Grey	Total
15	Wheat	1277	342	207	1827
	Wheat flour	1292	347	210	1849
	Wheat bread	1124	301	183	1608
	Dry pasta	1292	347	210	1849
	Wheat pellets	1423	382	231	2036
	Wheat, starch	1004	269	163	1436
	Wheat gluten	2928	785	476	4189
27	Rice, paddy	1146	341	187	1673
	Rice, husked (brown)	1488	443	242	2172
	Rice, broken	1710	509	278	2497
	Rice flour	1800	535	293	2628
	Rice groats and meal	1527	454	249	2230
44	Barley	1213	79	131	1423
	Barley, rolled or flaked grains	1685	110	182	1977
	Malt, not roasted	1662	108	180	1950
	Malt, roasted	2078	135	225	2437
	Beer made from malt	254	16	27	298
56	Maize (corn)	947	81	194	1222
	Maize (corn) flour	971	83	199	1253
	Maize (corn) groats and meal	837	72	171	1081
	Maize (corn), hulled, pearled, sliced or kibbled	1018	87	209	1314
	Maize (corn) starch	1295	111	265	1671
	Maize (corn) oil	1996	171	409	2575

HUELLA HIDRICA Y BIOCOMBUSTIBLES

(MEKONEN & HOESTRA,2010)

Crop	Water footprint per unit of energy			Water footprint per litre of biofuel		
	Green	Blue	Grey	Green	Blue	Grey
Crops for ethanol	m³ per GJ ethanol			litres water per litre ethanol		
Barley	119	8	13	2796	182	302
Cassava	106	0	3	2477	1	60
Maize	94	8	19	2212	190	453
Potatoes	62	11	21	1458	251	483
Rice, paddy	113	34	18	2640	785	430
Rye	140	2	10	3271	58	229
Sorghum	281	10	9	6585	237	201
Sugar beet	31	10	10	736	229	223
Sugar cane	60	25	6	1400	575	132
Wheat	126	34	20	2943	789	478
Crops for biodiesel	m³ per GJ biodiesel			litres water per litre biodiesel		
Coconuts	4720	3	28	156585	97	935
Groundnuts	177	11	12	5863	356	388
Oil palm	150	0	6	4975	1	190
Rapeseed	145	20	29	4823	655	951
Seed cotton	310	177	60	10274	5879	1981
Soybeans	326	11	6	10825	374	198
Sunflower	428	21	28	14200	696	945

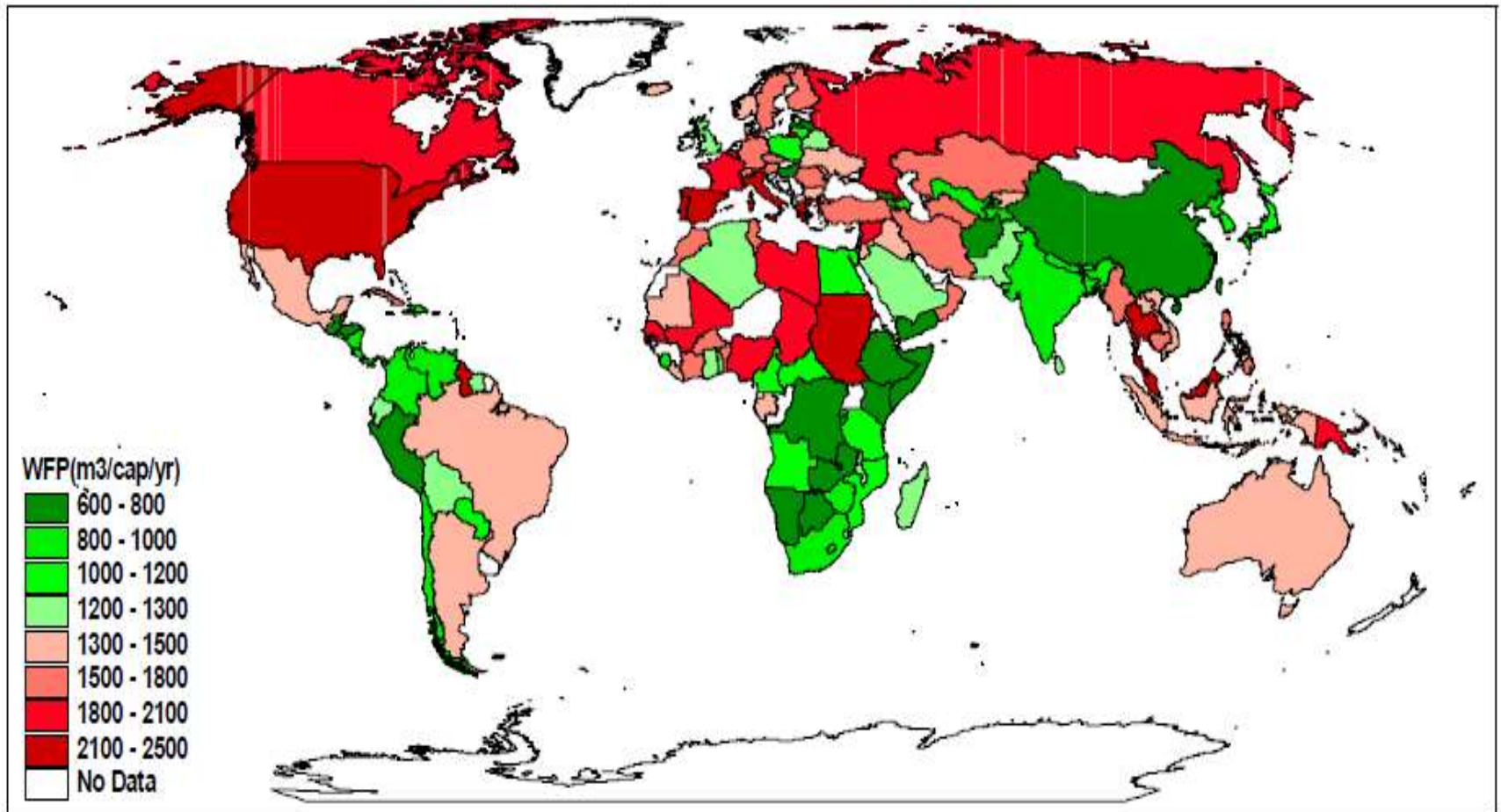


Figure 4.8. Average national water footprint per capita ($m^3/capita/yr$). Green means that the nation's water footprint is equal to or smaller than global average. Countries with red have a water footprint beyond the global average.

Table 3. Virtual water import dependency of some selected countries. Period: 1997-2001.

Country	Internal water footprint ¹ (10 ⁹ m ³ /yr)	External water footprint ¹ (10 ⁹ m ³ /yr)	Water self-sufficiency ² (%)	Virtual water import dependency ³ (%)
Indonesia	242	28	90	10
Egypt	56	13	81	19
South Africa	31	9	78	22
Mexico	98	42	70	30
Spain	60	34	64	36
Italy	66	69	49	51
Germany	60	67	47	53
Japan	52	94	36	64
United Kingdom	22	51	30	70
Jordan	1.7	4.6	27	73
Netherlands	4	16	18	82

¹ Source: Chapagain and Hoekstra (2004).

² Defined as the ratio of the internal to the total water footprint.

³ Defined as the ratio of the external to the total water footprint.

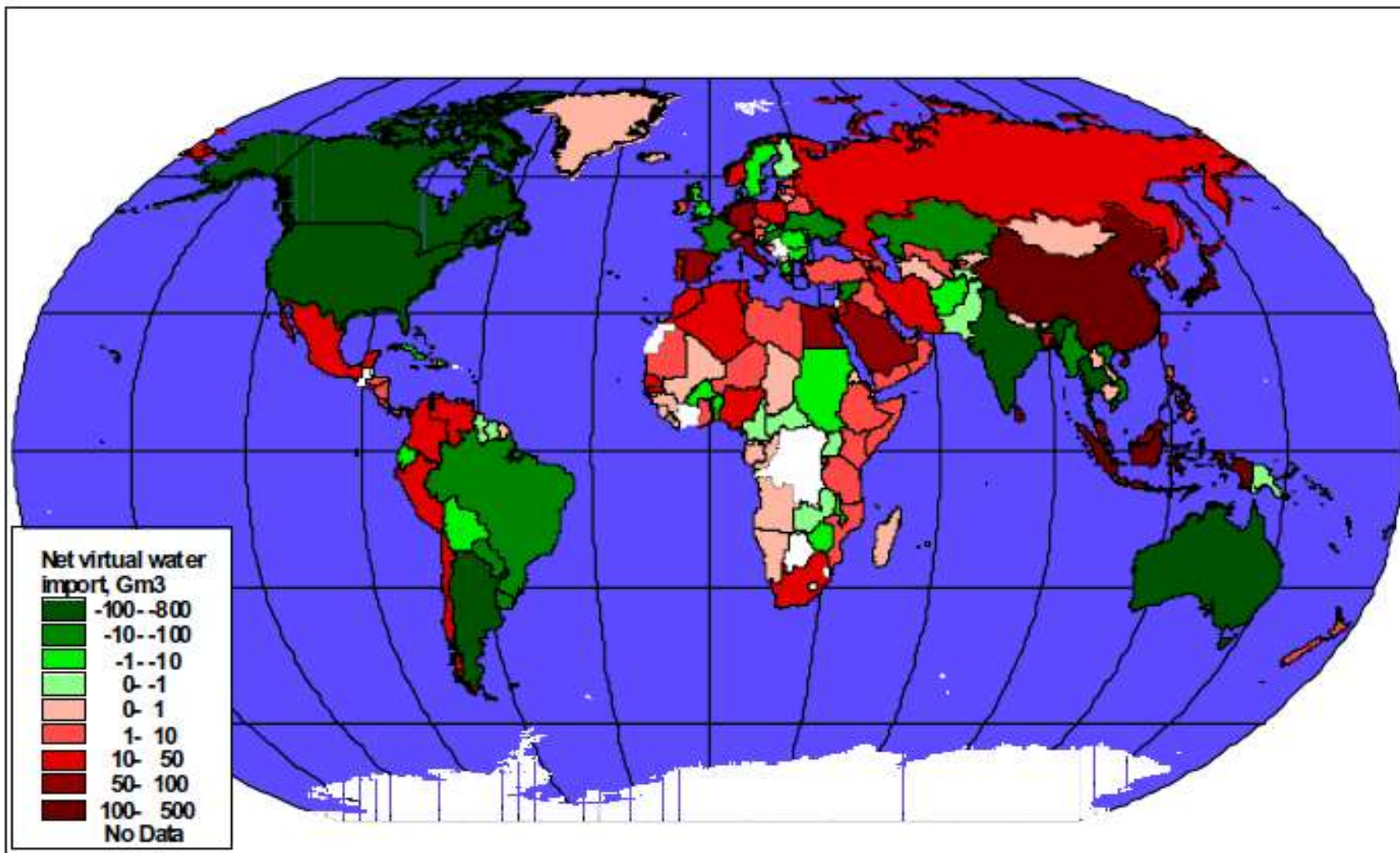


Figure 5.1. National virtual water trade balances over the period 1995-1999.

Green coloured countries have net virtual water export. Red coloured countries have net virtual water import.

Table 5.1. Top-30 of virtual water export countries and top-30 of virtual water import countries (over 1995-1999).

Country	Net export volume (10 ⁹ m ³)		Country	Net import volume (10 ⁹ m ³)
United States	758.3	1	Sri Lanka	428.5
Canada	272.5	2	Japan	297.4
Netherlands	233.3	3	Netherlands	147.7
Argentina	226.3	4	Korea Rep.	112.6
India	161.1	5	China	101.9
Australia	145.6	6	Indonesia	101.7
Vietnam	90.2	7	Spain	82.5
France	88.4	8	Egypt	80.2
Guatemala	71.7	9	Germany	67.9
Brazil	45.0	10	Italy	64.3
Paraguay	42.1	11	Belgium	59.6
Kazakhstan	39.2	12	Saudi Arabia	54.4
Ukraine	31.8	13	Malaysia	51.3
Syria	21.5	14	Algeria	49.0
Hungary	19.8	15	Mexico	44.9
Myanmar	17.4	16	Taiwan	35.2
Uruguay	12.1	17	Colombia	33.4
Greece	9.8	18	Portugal	31.1
Dominican Republic	9.7	19	Iran	29.1

Conclusiones

Los nutrientes tienen un rol importante en el funcionamiento de los agroecosistemas.

Es necesario entender los ciclos de nutrientes en los agroecosistemas y las distintas formas de reposición, para desarrollar estrategias sustentables de manejo de los agroecosistemas.

Hay que entender y minimizar las salidas no deseadas del sistema y aumentar el reciclado interno.

La conservación de los nutrientes debe convertirse en un objetivo dentro del manejo de los sistemas y el balance de nutrientes una herramienta para lograrlo.